HANDBUCH DER MENSCHLICHEN ANATOMIE ...

Wilhelm Krause





Handbuch
der
menschlichen Anatomie.

Durchaus nach eigenen Untersuchungen
und
mit besonderer Rücksicht auf das Bedürfniss der Studirenden, der praktischen Aerzte und Wundärzte und der Gerichtsärzte verfasst

von
Carl Friedr. Theod. Krause M. D.
weil. Geh. Obermedicinalrath und Professor der Anatomie zu Hannover.

Dritte, neu bearbeitete Auflage

von
W. Krause,
Professor in Göttingen.

Erster Band.
Allgemeine und microscopische Anatomie.

Hannover.
Hahn'sche Hofbuchhandlung.
1876.

Allgemeine

und microscopische

Anatomie.

Durchaus nach eigenen Untersuchungen bearbeitet

von

W. Krause,
Professor in Göttingen.

Mit 302 Figuren in Holzschnitt.

Hannover.
Hahn'sche Hofbuchhandlung.
1876.

Druck von August Grimpe in Hannover.

Vorwort.

Die Bedeutung der staunenswerthen Fortschritte, welche die anatomischen Anschauungen in wenigen Jahren gemacht haben, wird in weiteren Kreisen noch nicht überall genügend gewürdigt. Und doch ist der Umschwung um so tiefer greifend, weil derselbe diesmal von morphologischer Seite ausging. Im Grunde handelt es sich freilich um nichts weiter als den endlichen Einbruch mechanischer Natur-Auffassung in lange Zeit und gleichsam ängstlich widerstrebende Gebiete der Form-beschreibenden Wissenschaften. Aber erst wenn in sämmtlichen Einzelheiten das *Verständniss* der anatomischen Formen vermöge einfacher und klarer Ableitungen aus der vergleichenden Anatomie (Phylogenese) und Entwicklungsgeschichte durchgeführt ist, wird die Bedeutung des jetzt betretenen Weges für die anatomische Wissenschaft allseitig anerkannt werden können.

Nicht nur die Histologie oder richtiger die allgemeine Anatomie ist dabei betheiligt. Noch immer mögen einzelne Lücken offen bleiben, insofern es darauf ankommt, die vielfach verbesserten Untersuchungsmethoden: wirklich feine Durchschnitte, Doppel-Tinctionen, Metalle etc. nun auch sämmtlich für die Untersuchung jedes kleinsten Organs oder jeder einzelnen Stelle des menschlichen Körpers zu verwerthen. Wer die Eröffnung solcher neuen Bahnen selbst miterlebt hat, kann am leichtesten die fundamentale Bedeutung der geleisteten Arbeiten sowohl historisch verstehen, als über die Einzelheiten des Unterrichts hinaus zu befriedigenden Anschauungen gelangen.

Von dergleichen Gesichtspunkten geleitet, schien es wünschenswerth, zunächst in der Gewebelehre eine compacte Summirung des Thatsächlichen in Form des I. Bandes dieses kurzgefassten Lehrbuches der reinen Anatomie zu veröffentlichen.

In der descriptiven oder speciellen Anatomie, welche der II. Band enthalten wird, bildet die Nomenclatur jene Basis, auf welche für den Anfang das Meiste ankommt. Es ist bekannt, dass nur auf phylogenetischer Grundlage wissenschaftliche an die Stelle rein empirischer Bezeichnungsweisen gesetzt werden können. Hier war es geboten, mit leisester Hand die unabweislichen Verbesserungen im angedeuteten Sinne vorzunehmen. Denn nicht dem Naturforscher als solchen, sondern dem künftigen Chirurgen und Pathologen fällt die Verwerthung der festgestellten Bezeichnungsweisen anheim, und die Methode meines Vaters ist manchen für die Praktiker berechneten anatomischen Abhandlungen ein unerreichtes Vorbild geblieben. Die betreffenden Vorarbeiten zum genannten (Schluss-) Bande sind so gut wie vollendet.

Dass es sich um eine ausschliesslich auf eigene Untersuchungen basirte Darstellung handelt, ergibt sich bereits aus den zumeist mit bekannter Eleganz von Herrn Peters in Göttingen gezeichneten Holzschnitten.

So möge das Werk auch in seiner neuen Gestaltung die freundliche Aufnahme finden, die den früheren Auflagen in so reichem Maasse zu Theil geworden ist.

W. Krause.

Inhalt.

Abkürzungen:

A. Arteria.
Aa. Arteriae.
Cart. Cartilago.
Corpp. Corpora.
For. Foramen, Foramina.
Gl. Glandula, Glandulae.
G. Ganglion.
Gangl. Ganglion.
Ggl. Ganglien, Ganglia.
Lig. Ligamentum.
Ligg. Ligamenta.
Lymph. Lymphaticum, Lymphatica.
M. Musculus.
Mm. Musculi.
N. Nervus.
Nn. Nervi.
Oss. ossis, ossium.
Proc. Processus.
R. Ramus. **Rr.** Rami.
Tun. Tunica.
V. Vena.
Vv. Venae.

Berichtigung.

Seite 95, Zeile 4 von unten lies *mucosa* statt *mucosae*.

Einleitung.

Der thierischen **Morphologie** ist die Erforschung der Form-Erscheinungen des Körpers und seiner Theile als Aufgabe gestellt. Sie theilt sich in Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Letztere lehrt die Formen des entstehenden Organismus kennen; erstere dessen permanente Gestaltung: sie zerfällt in allgemeine und specielle oder descriptive Anatomie.

Die allgemeine Anatomie erörtert die Grundformen des thierischen Organismus und die aus jenen gebildeten Bestandtheile. Ein weites Gebiet innerhalb dieser Disciplin wird von der *Histologie*, Histiologie, Gewebelehre eingenommen, der Lehre von den elementaren Bestandtheilen des Körpers. Die specielle Anatomie beschäftigt sich mit den Organen des Körpers und deren Zusammenfügung.

Die Anatomie beschränkt sich aber nicht darauf, die äusseren Formen des Körpers und seiner Theile zu schildern. Sie vernachlässigt jetzt nicht mehr die innere Structur jener Massen, mögen letztere nun grösser oder kleiner sein, welche der polarisirte Lichtstrahl, die Leitung der Wärme und Electricität, die Elasticität, das specifische Gewicht, das chemische Verhalten etc. erschliessen lässt. In Wahrheit ist vielmehr die menschliche Anatomie die Lehre von den physicalischen Eigenschaften des menschlichen Körpers und seiner einzelnen Theile. Nur wegen unserer fragmentarischen Kenntniss mancher solcher Eigenschaften tritt die morphologische Seite vielfach in den Vordergrund.

Für die Beschreibung von Form und gegenseitiger Lage der einzelnen Theile bleibt es sich gleich, ob letztere beträchtlichere oder geringere Dimensionen haben oder ob sie, wenigstens für die jetzigen Hülfsmittel, morphologische Elemente sind. Immer kommt es darauf an, die wesentlichen und folglich constanten Verhältnisse anzugeben. Diese Aufgabe wird erschwert durch die individuellen Nüancen, wie sie an dem einzelnen Menschen im Ganzen bekannt sind und wie sie an allen Einzelformen selbst der Elementartheile wiederkehren. In manchen Fällen gelingt es, die zu beschreibenden Formen auf einen mathemathischen Ausdruck zurückzuführen. Solcher stellt zwar nur Annäherung an die Wahrheit dar, kommt ihr aber doch so nahe, um ein vollkommenes klares Bild hervorzurufen. Die Aufgabe, entsprechende mathematische Ausdrücke zu finden, wird bei den gekrümmten Flächen der Gelenke, der durchsichtigen Theile des Augapfels u. s. w. verhältnissmässig leicht gelöst. Dasselbe gilt von manchen Elementarbestandtheilen, deren Formen mathematischen sehr nahe stehen. Wo dies nicht der Fall, hat man durch Messungen und Zahlenangaben (S. 4) über die absoluten Dimensionen der Einzelbestandtheile die Beschreibung zu unterstützen gemeint.

Im Gegensatz zu derartigen Bestrebungen begnügte sich öfters die anatomische Darstellung mit architectonisch genauer Beschreibung der macroscopischen und microscopischen Formen. So lange dies geschah, war die morphologische Wissenschaft in keiner besseren Lage, als wenn man, das Kunstwerk eines Malers dicht betrachtend, dasselbe als eine Sammlung verschiedenfarbiger Flecke schildern oder auch messend beschreiben wollte. Ein Verständniss ist auf solche Art offenbar nirgends und niemals zu erreichen. Vermag das Wesentliche von dem Unwesentlichen, das Constante von dem zufällig Wechselnden nicht gesondert zu werden, so wird es trotz der umständlichsten und genauesten Schilderungen unmöglich sein, ein Bild hervorzurufen, das dem Gedächtniss sich einzuprägen vermag. Am gefährlichsten ist dem Fortschritt der Anatomie die Teleologie oder Lehre von der Zweckmässigkeit geworden. In den übrigen Naturwissenschaften existirt sie nicht; in der Anatomie aber kehren ihre naiven Anschauungen schon in der Benennung so mancher Theile wieder. Und nicht überall ist es bis jetzt durchführbar, die Beschreibungen im Sinne der Descendenztheorie zu verbessern. Mit der alten Teleologie gebrochen und an die Stelle einer Auffassung, welche im Stillen immer eine vorbedachte Planmässigkeit voraussetzt, die einfachen, klaren und ausnahmslosen Gesetze der mathematischen Physik in

die Morphologie eingeführt zu haben, ist in Betreff der menschlichen Anatomie das Verdie der physicalischen Physiologie. Weniger aus Mangel an physicalischen Vorkenntnis als an physicalischer Anschauung ist die Bedeutsamkeit des Fortschrittes hier und da unt schätzt worden.

Die Anatomie benutzt eine grosse Zahl von Hülfswissenschaften. Dass sie auf phy calischen Grundlagen beruht, ist nach dem Gesagten selbstverständlich. Die Chemie di theils direct der Erforschung der Structur-Verhältnisse mittelst chemischer Untersuchun methoden, die eine ungemeine Ausbildung erlangt haben; theils lassen sich aus bekann Thatsachen der physiologischen Chemie Rückschlüsse auf die chemische Beschaffenheit v Formbestandtheilen ziehen. Die Entwicklungsgeschichte, die vergleichende Anatomie od die Lehre vom Bau der Thiere, selbst die Pflanzenhistologie geben wichtige Aufschlüs um mit Hülfe von Kenntniss der einfacheren oder unter günstigeren Verhältnissen zu beobac tenden Formen die complicirteren des menschlichen Körpers zu ermitteln. Dasselbe g von der Physiologie: die Kenntniss der Function der einzelnen Theile und der physicalisch oder chemischen Processe, die im lebenden Körper vor sich gehen, führt erst zu voll Verständniss der in scheinbarem Wechsel constant bleibenden Formen. Sogar die Verä derungen in Krankheiten, mit denen sich die pathologische Anatomie zu beschäftigen h haben in einzelnen Fällen Licht auf normale Structur-Verhältnisse geworfen. Da die Anatom die Grundlage der medicinischen Wissenschaften bildet, so können die genannten Wisse schaften nur in ihren Resultaten benutzt, nicht aber die Details der Beweisführung i einzelnen Falle besonders angegeben werden. Alle chemischen, entwicklungsgeschichtlich physiologischen und pathologischen Specialdata bleiben also von dem anatomischen Le gebäude um so mehr ausgeschlossen, als diese Wissenschaften sämmtlich in Folge fortwä render Arbeitstheilung zu besonderen Disciplinen sich herausgebildet haben. Auch die den elementaren Formbestandtheilen im lebenden Zustande zu constatirenden Erscheinung und Veränderungen, welche in der Neuzeit den Anlass zur Ausbildung einer besonder physiologischen Histologie gegeben haben, kommen nur so weit in Betracht, als sich a denselben oft die besten Rückschlüsse auf den Bau der betrachteten Objecte machen lass

Während nun für eine grosse Anzahl von Organen und Structur-Verhältnissen e befriedigendes Verständniss erreicht ist, sobald man sie als Apparate betrachtet, deren phy calische und chemische Leistungen die Physiologie zu untersuchen resp. ermittelt hat, fehlt es nicht an einer anderen Gruppe von Bildungen, wo dies nicht gelingt und au nicht gelingen kann. Weil nämlich die Organe etc. rudimentär: auf einer frühen Entwic lungsstufe stehen geblieben sind. Dass derartige Bildungen keinen Zweck im Sinne d ehemaligen Teleologie haben können, ergibt sich von selbst.

Man hat sogar an Stelle der Teleologie eine ausgesprochene Dysteleologie, Unzwec mässigkeitslehre, zu setzen versucht, weil rudimentäre Bildungen z. B. zu Krankheiten Anla geben können. Ihre Bedeutung wird einerseits durch die Entwicklungsgeschichte aufgeklä wobei sich z. B. zeigt, dass derartige Gebilde theils beim Embryo functioniren, theils Anlag sind, die in dem einen Geschlecht zu wichtigen Organen werden, während sie bei de anderen sich zurückbilden. Andererseits wird das Verständniss mitunter erst durch d vergleichende Anatomie möglich und dies gilt noch für viele anderweitige Structur-Verhä nisse, sowohl macroscopischer als microscopischer Art.

Es ist dabei zu bemerken, dass jene beiden anscheinend so differenten Disciplin in der hier in Betracht kommenden Rücksicht auf dasselbe hinauslaufen. Die erstere ste die Entwicklung eines individuellen Keims in der Anfangszeit seiner Existenz dar — d letztere verfolgt die Ausbildung, welche identische oder doch einander sehr nahestehen Keime resp. deren Nachkommen im Laufe der Zeiten auf der ganzen Erde erlangt hab um die differenten Arten der heutigen Thiergeschlechter zu liefern. In beiden Fällen unte stützt die Kenntniss der primitiven einfacheren Formen das Verständniss der complicirt secundären beim erwachsenen Menschen.

Historische Bemerkungen. Obgleich schon Leeuwenhoek (1632—1723) das Microscop in aus dehnter Weise zur Erforschung einzelner Structur-Verhältnisse anwendete, so wurde der allgemeinen Anatom doch erst durch Schwann (Microsc. Untersuch. ü. d. Uebereinstimmung in d. Struct. u. d. Wachsth. d. Thiere Pflanzen, 1839) eine neue auf microscopischer Forschung beruhende Basis gegeben.

Schwann ist nämlich der Begründer der Zellenlehre. Alle Form-Elemente des Thierkörpers (von d Pflanzen hatte Schleiden, 1837, dasselbe nachgewiesen) sind in gewisser Hinsicht wenigstens auf ein primiti Gebilde, die embryonale Zelle, zurückzuführen. Das menschliche Ei ist ursprünglich eine einfache Zelle; dur Theilung entstehen daraus sehr viele Zellen; der Fötus wird zu einer bestimmten Zeit ausschliesslich von Zell zusammengesetzt; der Körper des Erwachsenen besteht wesentlich aus Zellen und Zellen-Derivaten, d. h. v Zellen abgeleiteten Bestandtheilen. Ihren Gipfel erreichte die Bedeutung der Zellenlehre in dem von Virch (1855) aufgestellten Satze: Omnis cellula a cellula. Es gibt keine freie Zellen-Entstehung, ohne Betheiligu einer prae-existirenden Zelle.

In der ersten (1833—38) und noch mehr in der zweiten (1841—1843) Auflage dieses Handbuchs versuch C. Krause zum ersten Male, die allgemeine und specielle Anatomie mit vollständig gleichmässiger Berücksichtigu aller macroscopischen wie microscopischen unter Anwendung 2—300 maliger Vergrösserungen bis dahin ermittelt Thatsachen zu einem Lehrgebäude zu vereinigen. Die zweite Auflage brachte die consequente Anwendung d Zellentheorie auf menschliche Formenlehre. Die allgemeine Anatomie von Henle (1841) bildet zusammen m

Desselben systematischer Anatomie (1855—1873) eine anderweitige in grösserem Massstabe angelegte Bearbeitung von ähnlicher Tendenz.

Die Gewebelehre ist seitdem, namentlich durch Gerlach (Gewebelehre, 1848) und Kölliker (Microscopische Anatomie, 1850—1854) eine selbständige Wissenschaft geworden. Hierzu trägt wesentlich die von Max Schultze (Arch. f. Anat. u. Physiol., 1861) unternommene Reform der Schwann'schen Zellenlehre bei. Seine Protoplasma-Theorie begründete einen ähnlichen Fortschritt, wie früherhin die genannte Zellenlehre.

Der Erfolg war nur möglich durch das Princip der Immersion (Amici) resp. der dadurch erlangten grösseren Lichtstärke, die bis zu 800maliger Vergrösserung der gewöhnlichen Microscope zu gehen gestattet. M. Schultze (De penit. retin. struct., 1859) war wiederum der Erste, welcher dieses mächtige Hülfsmittel auf die Erforschung der feinsten Structur-Verhältnisse des Nervensystems anwendete. Dann folgten (1861) Brücke und Kühne.

Die Immersion für sich allein würde zwar zur Schaffung der Lehre vom Protoplasma ausgereicht haben; wichtiger fast für die Zwecke der speciellen Histologie wurde aber die Erfindung chemischer und physicalischer Hülfsmittel und Kunstgriffe zur Vorbereitung der Präparate. Die transparenten Injectionsmassen von Gerlach (1845) dienten der Erforschung der Capillargefässe; die Lymphgefässe durch Einstich zu injiciren, lehrte Teichmann (1861). Härtung der Präparate geschieht mittelst Chromsäure (Hannover, 1840) etc., ihre Auflockerung z. B. durch H. Müller'sche (1856) Flüssigkeit. (Letztere besteht aus zwei Theilen doppeltchromsaurem Kali, einem Theil schwefelsaurem Natron, gelöst in 100 Theilen Wasser.) Anwendung verdünnter Säuren zur Aufklärung (Holzessig, Purkyňe mit*) Räuschel, 1836; Essigsäure, Burdach, 1837) datirt schon aus früherer Zeit. Am wichtigsten ist die Combination von Färbemitteln (Carmin, Gerlach, 1858; Hämatoxylin, Waldeyer, 1863, Böhmer, 1865) mit aufhellenden Substanzen wie Glycerin (Rainey, 1850) und namentlich Canadabalsam (Clarke, 1851) geworden. Nach vorgängiger Härtung in absolutem Alkohol, Tinction, Austreibung des Wassers durch Alkohol und des letzteren durch Terpenthinöl, Nelkenöl oder dergl. wird der meist in gleichen Theilen Chloroform gelöste Balsam wegen seines hohen Brechungsindex benutzt, um Durchsichtigkeit zu erreichen. Von grosser täglich zunehmender Bedeutung sind die Doppeltinctionen geworden. Rollett mit Schwarz (1867) führten die Combination von Pikrinsäure (Trinitrophenylsäure) mit Carmin und ähnliche Methoden in die Wissenschaft ein. Dazu kommt die Anwendung schwerer Metalle (Silber, C. Krause, 1844, His, 1856, v. Recklinghausen, 1860; Osmium, M. Schultze, 1865; Gold, Cohnheim, 1866; Palladium, F. E. Schultze, 1867). Aber nur eine ganz vollständige Beherrschung und Anwendung der verschiedensten Methoden auf dasselbe Untersuchungsobject sichert den Erfolg. Im Allgemeinen kann man behaupten, dass die Beantwortung jeder richtig gestellten histologischen Frage schon gegeben ist, sobald nur die geeignete Methode der Untersuchung ermittelt wurde.

Aus der unendlichen Mannigfaltigkeit der einzelnen Untersuchungsmethoden ist bereits eine technische Disciplin selbständig herausgewachsen. Obgleich hierauf mithin nicht weiter eingegangen werden kann, ist doch bei jeder Abbildung kurz die Methode verzeichnet, nach welcher sie erlangt wurde. Damit ist zugleich der Weg angedeutet, auf welchem die Fundamental-Thatsachen gewonnen sind. Nur eine Figur ist nicht nach der Natur, sondern nach einem photographischen Vorbilde copirt.

Dem Einwurfe, dass die Bearbeitungsmethoden, je complicirter sie werden, desto leichter Kunstproducte und Täuschungen erzeugen, ist am leichtesten zu begegnen, wenn man das auf solchem Wege erkannte microscopische Structur-Verhältniss am absolut frischen Präparat, unmittelbar nach dem Tode, unter vorsichtigster Vermeidung allen Druckes und jeder Zerrung, mit vollkommen indifferenten Zusatzflüssigkeiten (0,5%ige Kochsalzlösung, Blutserum, Amniosflüssigkeit, Eiweisslösung, Humor aqueus, Jodserum etc.) oder ohne dieselben verificiren kann.

Solche ganz frische Präparate werden auch wohl als überlebende bezeichnet; sie sind stets gemeint, wenn im Handbuche der Ausdruck „frisch" schlichtweg vorkommt, und es ist in vielen Fällen nicht unerheblich, dass solche Objecte vom Menschen unmittelbar nach dem Tode, dessen Eintrittszeit genau bekannt war, genommen werden konnten. Dem entsprechend bedeutet jener in der Figuren-Erklärung öfters gebrauchte Ausdruck zugleich, dass die Untersuchung des frischen Objects für die Beweisführung unentbehrlich erscheint. Wenn dabei nicht etwas Anderes ausdrücklich bemerkt ist, so stammen die abgebildeten Präparate überhaupt jedesmal vom Menschen.

Als vergleichend-histologische Methode kann man den Weg bezeichnen: an einem leicht zugänglichen, namentlich durchsichtigen Organ oder Gewebe irgend eines Thieres schwierig zu entziffernde Structur-Verhältnisse aufzudecken. Nachdem eine solche besonders günstige Körperstelle z. B. in Betreff der Nerven-Endigungen (z. B. Conjunctiva bulbi, M. retractor bulbi der Katze) aufgefunden ist, wird es dann gewöhnlich leicht, die einmal festgestellten Thatsachen auch an anderen Orten zu bestätigen. Wesentlich ist zugleich die Untersuchung im überlebenden Zustande ohne Anwendung von Reagentien.

Die Schärfung der Untersuchungsmethoden greift naturgemäss auf jedes Gebiet der allgemeinen anatomischen Anschauung mehr oder weniger Frucht-tragend hinüber. Entdeckungen innerhalb der einzelnen Gewebe und Systeme, so wichtig und zahlreich sie auch sein mögen, äussern ihren Einfluss meistens nicht in so ausgedehnter Weise.

Von dergleichen Funden, welche seit Schwann auf die allgemeinen Anschauungen wesentlich influirt haben, können nur wenige hier namhaft gemacht werden. Die meisten sind bei den einzelnen Capiteln erörtert worden. Zu den ersteren gehören: die Nachweisung der Homologieen von Binde-, Knorpel- und Knochengewebe durch Reichert (1845) und insbesondere ihrer Zellen durch Virchow (1851); die Lehre von den amöboiden Bewegungen (Wharton Jones, 1846) und Wanderungen (v. Recklinghausen, 1863) der Zellen; die Unterscheidung von Endothelien und Epithelien durch His (1865); die Nachweisung, dass die Blutcapillaren Intercellulargänge sind, durch Hoyer, Eberth, Auerbach, Aeby (1865); endlich die Aufdeckung eines wirklichen Nervenendes in den Vater'schen Körperchen durch Henle und Kölliker (1844). Wichtiger als Special-Entdeckungen erscheint die von der physicalischen Physio-

---

*) Die Verbindung von je zwei Autoren-Namen durch „mit" bedeutet, dass die betreffende Arbeit im Institut oder Laboratorium des Erstgenannten von dem letztgenannten Schriftsteller ausgeführt und unter dem Namen des Letzteren veröffentlicht wurde. Andere haben gemeinschaftlich gearbeitet und ihre Namen im Titel zugleich genannt: dies wird durch „und" angedeutet.

logie eingeführte und zuerst durch Männer wie die Gebrüder Weber, Brücke, Du-Bois-Reymond, Helmholtz, Ludwig u. A. vermittelte durchsichtigere Anschauungsweise.

Man hat sich gewöhnt, in vielen Fällen die Beschreibung histologischer Verhältnisse durch Messungen und Zahlenangaben zu unterstützen Dieser Behelf dürfte in der That unentbehrlich sein, wenn es sich um neubeschriebene, nicht allgemein bekannte und deshalb vielleicht sonst nicht mit Sicherheit wiederzuerkennende microscopische Formbestandtheile handelt. Die systematischen Messungen der letzteren, die in der ersten und zweiten Auflage dieses Werkes niedergelegt waren, als noch die meisten microscopischen Forschungen schwankende Resultate und zweifelhafte Formen zu liefern pflegten, sind, anfangs mit dem Namen des Autors citirt, später ohne denselben und in mannigfachster Weise umgerechnet, in fast alle physiologischen, histologischen und anatomischen Lehrbücher übergegangen. Trotzdem kann man sagen, dass die Angaben sehr vieler Dimensionen keine weitere, namentlich physiologische Verwerthung finden können, insofern sie nämlich nicht der Ausdruck wesentlicher Verhältnisse sind. Ausnahmen gibt es freilich und diese sind sorgfältig vermerkt. Im Allgemeinen ist die Angabe relativer Dimensionen (zu einander, zu Nachbartheilen oder zu homologen Objecten) nützlicher, oder die Vergleichung geschieht mit Hülfe von Abbildungen, bei denen die Vergrösserung exact angegeben ist. Man hat noch den Vortheil, an der Figur auch solche Entfernungen messen zu können, deren Kenntniss sich in Zukunft als erheblich herausstellen möchte. Die dabei in Betracht kommenden Fehlerquellen verschwinden gegenüber den Schwankungen der Zahlenwerthe, welche die Theile des Organismus selbst darbieten.

Die Dimensionen der einzelnen Theile wurden überall nach Millimeter und dessen Decimalbrüchen angegeben, wo nicht ausdrücklich etwas Anderes (z. B. Cm.) bemerkt ist. Der Einfachheit halber ist die sonst übliche Bezeichnung „Mm." weggelassen. Die Abbildungen sind meist mit zwei Vergrösserungsziffern bezeichnet z. B. V. $^{1000}/_{400}$. Dieser Bruch bedeutet, dass die gemessenen und im Holzschnitt wiedergegebenen Theile bei 1000facher Vergrösserung betrachtet werden müssen oder doch betrachtet wurden, um die abgebildeten Details bequem wahrnehmen zu können; dass aber die Vergrösserung der Abbildung, auf dem Papier mit dem Massstabe gemessen, nur 400 beträgt. Man findet also die wahre Grösse des Objects, wenn man die der Holzschnitt-Figur mit einem Millimeter-Massstab constatirt und in dem betreffenden Beispiel die gefundene Zahl durch 400 dividirt. Ist nur eine Vergrösserungsziffer angegeben, so stellt sie zugleich die wahre Vergrösserung des Objects dar. Auf diese Art vermochte eine beschwerliche Menge von Zahlenangaben im Text entbehrt zu werden.

So wenig wie auf die Untersuchungsmethoden konnte auf die Literatur im Speciellen eingegangen werden. Wer sich mit irgend einem Gegenstande nur etwas eingehend beschäftigen will, kann wegen des Umfanges, welchen die erstere heute erlangt hat, nicht umhin, auf die Jahresberichte zurückzugehen. Deshalb schien es zu genügen, bei den wichtigeren Punkten, worüber Zweifel existiren, den Namen des eine bestimmte Ansicht vertretenden Autors anzuführen, mit Angabe der Jahreszahl, wann derselbe die erstere aufgestellt hat. Abgesehen von etwaigem historischen Interesse ist es in vielen Fällen von grosser sachlicher Bedeutung, den fraglichen Zeitpunkt zu kennen. Denn da sich die Methoden fortwährend zuschärfen, so hat eine neuere Angabe ceteris paribus ganz anderen Werth, als eine ältere, zumal wenn es sich um einander gegenüberstehende negative und positive Behauptungen handelt. Wo sich also eine solche Jahreszahl findet, wird man in den Jahresberichten desselben oder zuweilen des nächstvergangenen resp. nächstfolgenden Jahres (weil die Berichte nicht immer mit dem Kalenderjahre abschliessen) das Werk oder den Aufsatz des betreffenden Autors genannt finden. Keineswegs aber ist vorauszusetzen, dass auch die citirte Behauptung dieses Autors in den Jahresberichten enthalten sei: aus letzteren wird öfters nur die Quelle erkannt, wo man die Angabe zu suchen hat.

Dies hat vor Allem darin seinen Grund, dass die später wichtig werdenden Notizen der Beobachter von dem Referenten des Jahresberichtes zur Zeit des Erscheinens nicht immer als wesentlich betrachtet werden konnten und deshalb nicht citirt wurden. Unter Jahresberichten sind hier die von Canstatt-Virchow-Hirsch (1841—1874), von Henle-Meissner (1856—1871), von Schwalbe-Braun (1872—1873) und die Uebersichten von W. Krause in der Prager Vierteljahrsschrift (1869—1872) verstanden. Die ältere Literatur bis zum Jahre 1841 ist sehr vollständig in der zweiten Auflage dieses Werkes zusammengestellt.

Wenn irgendwo eine Thatsache registrirt und dabei ohne besondere Bemerkung ein Autor (nebst Jahreszahl) genannt wird, so bedeutet dies, dass der letztere die Verantwortlichkeit für die Richtigkeit allein zu übernehmen hat. Dasselbe gilt auch für Zahlenwerthe, während die ohne Autornennung registrirten als Originalangaben zu betrachten sind.

Einige Ausdrücke bedürfen noch Erläuterung des Sinnes, in welchem sie gebraucht wurden. — Die Temperaturgrade wurden nach Celsius angegeben. — Vollkommene und grosse, resp. unvollkommene und geringe Elasticität sind selbstverständlich in physicalischem Sinne gemeint (Kautschuk z. B. hat sehr vollkommene aber geringe, Stahl dagegen grosse und vollkommene Elasticität. Ersteres setzt ausdehnenden Kräften nur geringen Widerstand entgegen, kehrt aber selbst nach beträchtlicher Ausdehnung sehr vollständig zu seiner ursprünglichen Form zurück. Ferner hat Blei geringe und sehr unvollkommene, Knochen grosse und unvollkommene Elasticität u. s. w.) — Körper, die schon von relativ geringen Kräften beträchtlich ausgedehnt werden, heissen ausdehnsam. — Als Elasticitätscoëfficient wird dasjenige Gewicht in Grammen bezeichnet, welches einen Körper von 1 Quadratmillimeter Querschnitt und 1 Meter Länge um 1 M. verlängern würde. Die einzelnen Zahlen-Angaben rühren von Wundt (1857) her. Sie beziehen sich auf feuchte thierische Theile, die bald nach dem Tode bei einer Belastung von 1—10 Gramm und bei 10—15° Wärme untersucht wurden. — Die specifischen Gewichte wurden nach Bestimmungen, die W. Krause und Fischer (Zeitschr. f. rat. Medicin, 1866, Bd. XXVI, S. 306) an ganz frischen menschlichen Körpertheilen mittelst chemischer Wage und Glasbirne ausführten, angegeben. Ueber die Ermittlung

des absoluten Gewichts s. Vorrede zu Bd. II. — Die Vergrösserungen werden als schwache (bis 150fach), mittlere (300—400), starke (600—800) und stärkste (800—2000) unterschieden. — Manche Körpertheile sind von Schraubenlinien oder Schraubenflächen begrenzt: die Schrauben sind entweder rechtsgewunden d. h. von der Rechten zur Linken ansteigend (läotrop nach Listing λ) oder umgekehrt linksgewunden (dexiotrop). — Analog bedeutet: gleichwerthig in Bezug auf die Function, also in physiologischer Hinsicht (z. B. Flügel des Vogels und der Fledermaus); homolog dagegen: gleichwerthig in Bezug auf die Entstehung oder in anatomischer resp. entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht (z. B. Flügel des Vogels und Vorderflosse des Seehunds oder Hand des Maulwurfs). Die Homologieen haben gewöhnlich die grössere Wichtigkeit für das Verständniss der Structuren und können häufig nur mit feinen Hülfsmitteln nachgewiesen werden. — Unter concentrirter Natronlösung wird solche verstanden, die etwa 30 % Natronhydrat enthält. Osmiumsäure ist dem synonymen und häufiger gebrauchten Ausdruck: Ueberosmiumsäure substituirt. Wenn von Alkohol die Rede, so ist absoluter gemeint: unter molybdänsaurem Ammoniak wird eine 5 %ige neutrale wässrige Lösung desselben verstanden.

Die allgemeine Anatomie ist zwar als wissenschaftliches Lehrgebäude ohne Hülfe des Microscops von Bichat (1801) begründet. Heutzutage jedoch enthält sie die Anschauungen über die feinsten Structur-Verhältnisse der Elementartheile selbst und deren Anordnung, welche mit Hülfe des Microscops gewonnen wurden. Insoweit es sich um specielle Data der Histologie handelt, muss natürlich die Kenntniss der descriptiven Anatomie (Bd. II) vorausgesetzt werden. Auf jene Anschauungen wird factisch ein grosser Theil der sich auf den Verlauf von Processen im menschlichen Körper beziehenden Vorstellungen basirt. Dadurch kommt es, dass die allgemeine Anatomie nicht nur durch übersichtliche Zusammenfassung vieler Details für das Verständniss der descriptiven und fast noch mehr der vergleichenden Anatomie unerlässlich ist, sondern dass sie auch der Physiologie und Pathologie als unentbehrliche Grundlage dient. Hiervon schreibt sich das ausgedehnte Interesse her, welches an fast alle allgemein-anatomischen Thatsachen und Aufstellungen (z. B. in Betreff der Nerven-Endigungen) sich knüpft. Und so erklärt sich einestheils die Rückwirkung, welche jede Aenderung in diesen Anschauungen auf die verwandten Wissensgebiete auszuüben pflegt; anderntheils die fleissige Unterstützung mit Detail-Arbeiten, die der Anatomie fortwährend durch Forscher zu Theil wurde, welche die Durchforschung jener Nachbargebiete sich als ihre Hauptaufgabe gestellt haben.

Blasten, Keime.

Der menschliche Körper ist, wie alle Materie, aus Atomen aufgebaut. Die Atome sind zu chemischen Molecülen zusammengelagert, und aus den so entstandenen chemischen Körpern, namentlich Kohlenstoff-Verbindungen, bestehen die Elementargebilde des Leibes.

Die Form der Elementartheile ist verschieden. Es kommen Kugeln, Bläschen, Polyeder, Platten, Fasern, Membranen etc. vor. Die Zerlegung des Körpers führt in letzter Instanz auf isolirbare membranlose primitive Gebilde: *Blasten, Keime,* die gewöhnlich *Zellen,* auch wohl Monoplasten, Bildner, genannt werden, (in Wortzusammensetzungen wird der Ausdruck Blasten statt Zellen gebraucht, z. B. Protoblasten; Chondroblasten, die Knorpel erzeugen) — oder deren Derivate, Ausscheidungen, aus denen schliesslich der ganze Körper zusammengesetzt ist, so weit sich die Elementartheile in festem Aggregatzustand befinden.

Die Flüssigkeiten des Körpers enthalten zahlreiche, farblose kuglige Körnchen oder Tröpfchen, die unter den stärksten bisher anwendbaren Vergrösserungen der Microscope noch unmerkliche Durchmesser darbieten. Sie werden *Elementarkörnchen* genannt. Manche bestehen aus eiweissartiger Substanz, andere sind gegen verdünnte Säuren und Alkalien resistent und werden als Fettkörnchen angesprochen.

Die Zellen sind microscopische Massen, die aus einem oder mehreren Eiweisskörpern bestehen und zu irgend einer Zeit ihres Daseins Elementarkörnchen enthalten, die ihrer Substanz ein körniges Aussehen verleihen. Es ist seltene Ausnahme, wenn eine Zelle so gross erscheint, dass sie mit freiem Auge wahrgenommen werden kann.

In einer frühen Periode der embryonalen Entwicklung besteht der ganze Körper ausschliesslich aus rundlichen Zellen. In allen Pflanzen und allen Thieren kehren dieselben wieder, es gibt Pflanzen und Thiere, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen, alle übrigen aber sind aus einer wechselnden Anzahl von solchen und ihren Derivaten zusammengesetzt.

Die Unterschiede der Zellen von beliebigen Körnchenhaufen ergeben sich daraus, dass die Zellen wenigstens zu irgend einer Zeit ihrer Existenz Stoffwechsel besitzen. Ferner, dass sie unter günstigen Bedingungen wachsen und sich vermehren können. Endlich daraus, dass jede Zelle von einer Vorgängerin abstammt, was durch den Satz formulirt wird: Omnis cellula a cellula.

Die angeführten Thatsachen der Beobachtung nöthigen zu dem Schluss, dass die Zellen nicht direct aus Atomen oder Molecülen aufgebaut, sondern noch feiner zusammengesetzt sind. Man kann sie deshalb Elementarorganismen nennen, und für viele Zellen ist schon mit den jetzigen Hülfsmitteln eine complicirtere Organisation in der That nachzuweisen.

Die Zellen sind theils formlos, d. h. sie ändern fortwährend aus inneren Gründen ihre Form, theils sind sie in bestimmte Formen geprägt. Eine Anzahl gleichartiger unter einander vereinigter geprägter Zellen resp. Zellen-Abkömmlinge stellt ein Gewebe dar. Aus mehreren Geweben sind die einzelnen grossen oder kleinen Abtheilungen des menschlichen Körpers zusammengesetzt, die als Organe unterschieden werden. Eine Anzahl von Organen bildet ein System von solchen, und erstere werden nach der physiologischen Function zusammengeordnet, die sie im lebenden Körper erfüllen.

An den einzelnen Zellen wird die Hauptmasse ihrer Substanz als Körper oder Leib der Zelle bezeichnet. Derselbe ist entweder aus der oben charakterisirten körnigen Substanz gebildet, und letztere heisst alsdann *Protoplasma,* oder der Zellenleib hat eine andere z. B. homogene Beschaffenheit und wird dann Körper der Zelle schlichtweg genannt. Das Protoplasma bezeichnet man als feinkörnig, wenn die darin enthaltenen Elementarkörnchen bei den gewöhnlichen 3—400maligen Vergrösserungen als Punkte von unmessbaren Dimensionen erscheinen; als grobkörnig, wenn die Körnchen grösser sind; als hell, wenn sie sehr sparsam sind, u. s. w. Das Protoplasma ist also stets körnig, aber nicht jede körnige Masse ist Protoplasma; eine solche kann z. B. auch nicht organisirter Natur sein. Der Unterschied des Organischen vom Unorganischen liegt vor Allem in der mit den bisherigen Hülfsmitteln unauflösbaren Complicirtheit des chemischen und physicalischen Baues des ersteren.

Die Möglichkeit vieler Erscheinungen an den Zellen wird durch den Quellungszustand bedingt, in welchem sich namentlich die wichtigsten der chemischen Körper, die sich am Aufbau des Elementar-Organismus betheiligen, nämlich die eiweissartigen Körper, befinden. Ihre Molecüle sind mit Wasser-Molecülen in einer engeren physicalischen, d. h. nicht nach Atomgewichten vor sich gehenden Verbindung. Von diesem Umstande hängen eine Reihe von charakteristischen, an Elementar-Organismen, wenn auch nicht sämmtlich an jedem der letzteren und auch nicht zu jeder Zeit seiner Existenz nachweisbaren Erscheinungen ab. Nämlich die Beweglichkeit und Contractilität, die Imbibitionsfähigkeit, welche ihrerseits den Stoffwechsel der Zellen ermöglicht, der in Aufnahme und Assimilirung umgebender fester oder flüssiger Substanzen, Wachsthum, Stoffabgabe oder Secretion, Vermehrung der Zellen sich äussert.

Man kann die Zellen ihrer Beschaffenheit nach in Gruppen abtheilen, wenn auch nicht vollständig in solche sondern:

1. Autoblasten, die an und für sich Keime (βλαστάνω, keimen) sind; sie bestehen nur aus Protoplasma. Wie es kernlose, aus einem formlosen beweglichen Protoplasma-Klümpchen bestehende selbstständige Organismen (Moneren, die eine Abtheilung der als besonderes Mittelreich zwischen Thieren und Pflanzen eingeschobenen Protisten bilden) gibt, so kommen analoge kernlose Zellen auch im Organismus vor.

2. Protoblasten, die ersten Keime; sie bestehen aus einem oder mehreren Kernen und contractilem Protoplasma.

3. Oikoblasten, Keime, die ein Gehäuse (οἶκος) besitzen; sie werden von einem in festem Aggregatzustande befindlichen Stroma und von Protoplasma gebildet, welches dessen Lücken einnimmt. Der Kern kann vorhanden sein oder fehlen.

4. Cytoblasten, Keime, die ein Bläschen darstellen, welches letztere aus festgewordenem Protoplasma besteht, einen Kern in der Bläschenwand

und als Inhalt einen Fetttropfen besitzen. Nur die Fettzellen sind bisher als Cytoblasten bekannt.

5. Je nach den speciellen secundären Modificationen, die vorhin erwähnt wurden, werden so entstehende Zellen mit besonderen Namen ausgezeichnet: Inoblasten, Chondroblasten, Osteoblasten, Myoblasten (Muskelfasern), Neuroblasten (Ganglienzellen) u. s. w.

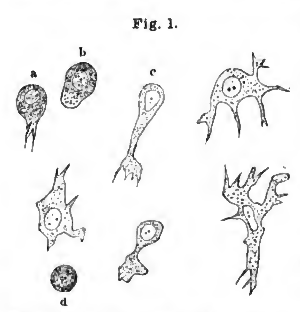
1. *Autoblasten.* Sie sind bisher hauptsächlich in der tiefsten Schicht der Epithelien (S. letztere) constatirt; finden sich freischwimmend auch im Inhalt der Samenkanälchen (Frosch, Helix pomatia) und der Frauenmilch.

2. *Protoblasten.* Allen jugendlichen Zellen ist eine Eigenschaft gemeinsam: ihr Protoplasma ist contractil, und sie ändern daher aus inneren Gründen ihre Form, secundär auch ihren Ort. Solche Zellen mit contractilem Protoplasma, die zugleich einen oder mehrere Kerne enthalten, werden Protoblasten genannt. Speciell nachgewiesen ist diese Eigenschaft für Leukoblasten (Lymphkörperchen, Schleimkörperchen, Eiterkörperchen, Speichelkörperchen), Eizellen, Leberzellen, Zellen der Samenkanälchen, der Cornea, rothe Blutkörperchen bei Embryonen, junge Inoblasten und junge Zellen des Knochenmarks u. s. w.

Die Erscheinung kommt am bequemsten zur Beobachtung bei den weissen Blutkörperchen und den ihnen gleichwerthigen kleinen, kugligen, feinkörnigen, farblosen Zellen, die mit einem gemeinsamen Namen *Leukoblasten* (S. Bindegewebe) oder *Leukocyten* genannt werden. Vorbedingung ist natürlich, dass die Protoblasten noch leben, nicht abgestorben sind; man nimmt dieselben daher vom lebenden oder eben getödteten Thiere, untersucht sie mit unschädlichen indifferenten Zusatzflüssigkeiten und bei Temperaturen, die denjenigen, unter welchen sie sich sonst befinden (bei Warmblütern 37° C.) möglichst nahe kommen, z. B. auf einem geheizten Objecttisch.

Unter solchen Umständen ändern die ursprünglich beispielsweise kugligen Protoblasten fortwährend ihre Gestalt. Sie strecken Fortsätze aus, was so zu erklären ist, dass die auf der kreisförmigen Peripherie irgend eines Kugelsegments gelegenen Protoplasmamasse sich zusammenzieht. Der sich contrahirende Ring treibt die eingeschlossene Masse des kleineren peripherisch gelegenen Kugelabschnitts nach aussen: so entsteht ein kleiner rundlicher Fortsatz (Fig. 1 *b*), der strahlig wird, indem die Contraction in radiärer Richtung nach aussen oder innen, d. h. dem Centrum der Kugel hin, weiter schreitet. Bei den Leukoblasten erscheint der Fortsatz zuerst und stets an seinem Rande homogen; erst gleich nach seiner Entstehung stürzen wie in einen Strudel die benachbarten Körnchen des Protoplasma in denselben hinein. Der Fortsatz kann sich wieder einziehen oder er wird grösser und grösser; die ganze Substanz des Protoblasten zieht sich in den Fortsatz hinein oder nach seiner Richtung hin und auf solche Art ändert die Zelle ihren Ort: sie wandert. Die Leukoblasten werden deshalb auch *Wanderzellen* genannt. Das Wandern setzt eine feste Unterlage, in welchem Falle es als Fortkriechen bezeichnet wird, nicht

Fig. 1.



Formen eines Leukoblasten (weissen Blutkörperchens) während seiner amöboiden Bewegungen. V. 1000/800. *b* Beginn der Bewegung, Ausstreckung eines Buckels. *a* Aussendung hyaliner Fortsätze. *c* der Kern hat eine birnförmige Gestalt angenommen. *d* das Körperchen todt.

nothwendig voraus; es geht noch leichter in Flüssigkeiten vor sich wegen der geringeren Reibung und dabei rotirt zugleich der kuglige Protoblast um einen beliebigen Durchmesser, indem jener Theil, welcher den Fortsatz ausstreckt, allmälig die meiste Substanz und also den Schwerpunkt des Ganzen in sich hineinzieht. Die Wanderung ist daher mit einer fortwährenden langsamen Rotation verbunden, die in der Richtung der Weiterbewegung stattfindet, einem Fortwälzen vergleichbar. Andererseits kann ein Protoblast durch Oeffnungen passiren, welche sehr viel enger sind, als sein Kugeldurchmesser, indem ein dünner Fortsatz vorangeschickt wird und während der Passage das Protoplasma eine wespenartige Einschnürung durch die Oeffnung erleidet. Die Bewegungen werden als amöboide bezeichnet, weil sie in deutlicherer und noch leichter zu beobachtender Form bei den Amoeben vorkommen, welche niederen Thiere grossen Leukoblasten ähnlich sehen. Alle diese Erscheinungen gehen übrigens meist sehr langsam vor sich, und es kann z. B. eine Viertelstunde dauern, ehe ein Protoblast einen Weg zurücklegt, der seinem eigenen Durchmesser gleich ist.

Nicht nur einen, sondern meist mehrere kürzere oder längere Fortsätze strecken die Protoblasten aus, welche auch verästelt sein können. Da letztere sich zugleich abplatten, so nehmen sie öfters bizarre Gestalten an: von sternförmigen Platten u. dergl.

Nach ihrem Tode, d. h. wenn der oder die Eiweisskörper des Protoplasma's gerinnen, ziehen die Protoblasten ihre Fortsätze ein und zeigen Kugelgestalt; mitunter können sie jedoch auch die unregelmässigen Formen bewahren, die sie im Augenblick des Absterbens gerade angenommen hatten.

Wärmezufuhr und electrische Schläge vermehren die Contractilitäts-Erscheinungen des Protoplasma, obgleich im Anfang der electrischen Einwirkung ein Stadium von Kugelform eintritt. Nach E. Neumann (1867) bedeutet dieselbe jedoch den Tod der Zelle. Höhere Temperaturen über 52° bewirken Erstarrung in derselben Form (Wärmestarre); längere oder intensivere electrische Einwirkungen aber Zerstörung des Zellenleibes. Gefrieren und selbst Temperaturen von — 3 bis — 8° heben die Bewegungsfähigkeit nicht auf. — Eine 0,05 %ige Lösung neutralen salzsauren Chinins (Binz, 1867) ist den amöboiden Bewegungen feindlich; ebenso wirken einige giftige Alkaloide etc. (Coniin, Strychnin, Veratrin, auch Sublimat, Scharrenbroich, 1867).

Kommen Protoblasten in wässrige Flüssigkeiten, deren Gehalt an festen Bestandtheilen geringer ist als derjenige ihres Protoplasma's (z. B. Speichel, Harn etc.), so quellen sie ein wenig auf, streben der Kugelform zu, ihre äussere Begrenzung erscheint schärfer und gleichmässiger und die Elementarkörnchen des Protoplasma zeigen eine schwingende Bewegung: Brown'sche (1828 von R. Brown entdeckte) *Molecular-Bewegung*. Dieselbe kommt nicht nur in Protoblasten, sondern auch in anderen Zellen innerhalb des lebenden Körpers (z. B. denen der Chorda dorsalis von Krötenlarven, Lieberkühn, 1870), ferner an den freischwimmenden Elementarkörnchen, sowie bei allen sehr feinen in dünnen Flüssigkeiten aufgeschwemmten Körnchen vor.

Diese Molecular-Bewegung besteht in einem Hin- und Hertanzen der Elementarkörnchen, wobei diese ihren mittleren Ort nicht ändern. Die Bewegung ist unabhängig von äusseren Erschütterungen, Verdunstung u. dergl.; sie wird verstärkt durch Wärmezufuhr (auch durch Licht, Exner, 1867), und bedeutet nicht mehr als das labile Gleichgewicht der Flüssigkeitstheilchen, die mit den Elementarkörnchen nahezu dasselbe specifische Gewicht haben, indem sie kleine Schwankungen des ersteren anzeigt. Diese sind abhängig von den elastischen Kräften der Wärmesphären, welche nach der gewöhn-

lichen Annahme jedes ponderable Atom umgeben und daher dauert die Bewegung permanent fort, ohne sich jemals zu erschöpfen. Aus der Molecular-Bewegung ist es erlaubt, auf einen im Innern flüssigen Aggregat-Zustand derjenigen Gebilde zu schliessen, in denen sie stattfindet.

Im lebenden Protoplasma fehlt sie, und obgleich letzteres eine scheinbar fliessende Beschaffenheit durch seine Formänderungen andeutet, ist dasselbe doch als ein Gemenge von Flüssigkeit, von darin unlöslichen festen oder flüssigen geformten punktförmigen Körperchen (Elementarkörnchen) und von einem in Wasser aufgequollenem aber nicht gelöstem Eiweisskörper zu betrachten. Seine Consistenz ist etwa mit der von zähem Hühnereiweiss zu vergleichen.

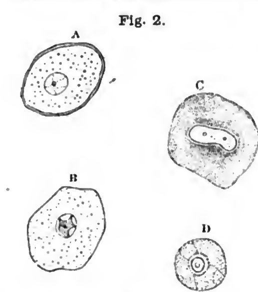
In ihrem Innern enthalten die Protoblasten ein (oder mehrere) kugliges oder eiförmiges Bläschen: den Kern, *Nucleus,* Cytoblast. Derselbe kommt auch den Oikoblasten und anderen aus Zellenderivaten bestehenden Bildungen des Körpers zu und es hat das Folgende, auf die Kerne der Protoblasten zunächst Bezügliche, allgemeine Geltung. Der Kern besteht aus einer Membran, die bei sehr starken Vergrösserungen doppeltcontourirt erscheint, an der sich mit den jetzigen Hülfsmitteln keine Structur nachweisen lässt und die deshalb, wie es in ähnlichen Fällen stets geschieht, structurlos genannt wird. Nur an einzelnen Kernmembranen (Eizelle) ist eine radiäre Streifung, die als Ausdruck von Poren gedeutet wird, beobachtet. Zuweilen kommen zwei oder mehrere Kerne in einer Zelle vor. Auch deren Form ist verschieden: mehr oder weniger in die Länge gezogen, abgeplattet, eckig, eingeschnürt.

Die Form der Kerne, welche die Protoblasten besitzen, wird während der amöboiden Bewegungen verändert (Fig. 1 *c*). Die Kerne platten sich zu unmessbar dünnen Scheiben ab, sie ziehen sich in die Länge, wenn der Protoblast eine enge Oeffnung zu passiren hat. Stets sind diese Formänderungen passiv und weder active, noch Bewegungserscheinungen sind bisher an Kernen bestimmt nachgewiesen. Sobald der Protoblast ganz oder relativ zur Ruhe kommt, eine mehr kuglige Gestalt annimmt, stellt sich die ursprüngliche Form des Kernes augenblicklich wieder her. Man kann aus letzterem Umstande sowie aus der doppelten Contour nicht mit Sicherheit auf das Vorhandensein einer Membran schliessen, der unter diesen Umständen eine geringe und überaus vollständige (S. 4) Elasticität zugeschrieben werden müsste. Andererseits lassen sich die angeführten Thatsachen auch nicht wohl mit der Annahme vereinigen, dass die Kerne einfache rundliche Hohlräume im Protoplasma wären, um so weniger, da nicht nur viele Kerne isolirbar sind, sondern mitunter (einige Muskelkerne) sogar ohne umgebendes Protoplasma im lebenden Körper angetroffen werden. Hiernach ist es am wahrscheinlichsten, dass zwar die meisten Kerne eine wirkliche Membran besitzen, andere aber nur durch eine verdichtete Grenzschicht des Protoplasma von letzterem abgegrenzt sind, wozu gerade die Kerne der Leukoblasten gehören.

Der Inhalt des Kerns ist gewöhnlich eine helle homogene ***Kernflüssigkeit,*** Cytoblastem, eine dünne wässrige Lösung eines Eiweisskörpers, der durch sehr verdünnte Mineralsäuren, namentlich aber durch concentrirte Essigsäure in körnigen und membranösen Gerinnseln gefällt wird und im Ueberschuss der Säure unlöslich ist. Gelöste Farbstoffe, namentlich Blutfarbstoff und Carmin, werden von dem Inhalt der Kerne begierig aufgenommen und bei Säure-Zusatz festgehalten: hierauf beruht das oft benutzte Sichtbarmachen der Kerne durch Carmin und Essigsäure, wobei die Zellenkörper sich nicht oder doch viel weniger färben. In der lebenden Zelle kann der Kern oft nicht ohne Weiteres erkannt werden; er wird durch Reagentien sichtbar, die das Protoplasma aufquellen und durchsichtiger machen. Darauf beruht die Wirkung des

Wassers, wässriger Lösungen, sowie auch meistens das sog. spontane Hervortreten des Kerns unter dem Microscop absterbender Zellen hierauf zurückzuführen ist. Verdünnte Säuren machen nicht nur das Protoplasma durchsichtiger und zerstören in geeigneter Concentration oder bei längerer Einwirkung dasselbe vollständig, sondern machen auch den Kern durch die eintretende Gerinnung der Kernflüssigkeit zu einem optisch auffallenderen Gegenstande. Eine freiwillige Säuerung des Kern- oder Zelleninhalts ist aus dem Sichtbarwerden des Kerns allein nicht zu erschliessen, da es nicht nur neutrale, sondern auch alkalische Flüssigkeiten (z. B. kohlensaures Natron) gibt, durch welche manche Kerne sehr deutlich werden. Electrische Schläge oder Ströme lassen ebenfalls die Kerne hervortreten, was auf chemische Wirkungen der ersteren, auf Veränderungen der in labilem chemischen Gleichgswicht befindlichen Eiweisskörper des Protoplasma, zum Theil auch auf das Absterben der Zellen während der Beobachtung zurückzuführen ist. Maceration in Wasser zerstört das Protoplasma um so leichter, je jünger die Zellen sind, und lässt freie Kerne übrig, die durch Endosmose ein wenig aufgequollen sein können. Es ist klar, dass die erwähnte Gerinnung der Kernflüssigkeit durch Säuren einen Niederschlag an der Innenwand der Kernmembran erzeugen kann. Entweder liegt der Gerinnungsmantel der Aussengrenze des Kerns dicht an und darf dann an sich allein nicht vermöge der deutlichen Doppel-Contour für einen Beweis des Vorhandenseins einer Kernmembran genommen werden, oder der Niederschlag zieht sich stellenweise von der Kernmembran zurück, nimmt eine zackige Form an, wobei erstere sehr deutlich hervortritt. (Fig. 2 *B*) Nicht selten ist das Protoplasma dicht an der Aussenwand der Kernmembran von anderer Beschaffenheit, als das übrige, namentlich frei von Elementarkörnchen und durchsichtiger, so dass bei hinlänglich starken Vergrösserungen ein sehr schmaler blasser Ring die Doppel-Contour der Kernmembran umgibt; auch grenzt sich wohl das körnige Protoplasma der Zelle durch einen markirten kreisförmigen oder elliptischen Ring, der die Kernmembran umgibt, gegen letztere ab. (Fig. 2 *C*) Nahe am Centrum oder auch excentrisch enthalten viele Kerne ein Kernkörperchen, *Nucleolus*, (Fig. 5, Fig. 6), mitunter deren zwei (Fig. 2 *C*) oder auch mehrere (Fig. 3). Das Kernkörperchen stellt ein kugliges, meist sehr kleines Körperchen dar, das im Harnblasen-Epithel z. B. 0,003 — 0,005 Durchmesser erreichen kann. Wegen seines relativ starken Lichtbrechungsvermögens ist dasselbe früher wohl als aus Fett bestehend angesehen worden: in Wahrheit besteht es aus eiweissartiger Substanz.

Fig. 2.



A. Knorpelzelle mit umgebender doppeltcontourirter Kapsel, feinkörnigem Protoplasma, Kern und Kernkörperchen, welches letztere durch feine Fäden an der Kernmembran befestigt ist. Frisch, ohne Zusatz. *B.* Plattenepithelialzelle mit Wasser, die Kernflüssigkeit ist geronnen und das Gerinnsel hat sich als gerunzelte fein granulirte Masse von der Kernmembran zurückgezogen, an die es an drei Stellen noch angeheftet ist. *C.* Aehnliche Zelle mit länglichem Kern und zwei Kernkörperchen, das Protoplasma der Zelle wird durch einen hellen Saum von der Kernmembran getrennt. *D.* Kern aus einer durch Wasserzusatz zerstörten Ganglienzelle des Grosshirns. Die Kernmembran ist deutlich sichtbar, das Kernkörperchen hat einen Nucleolulus (S. 13) in seinem Centrum und wird peripherisch von einer Kreislinie feinster Pünktchen umgeben; feine Fäden erstrecken sich zur Innenfläche der Kernmembran. V. 1000.

Die Kernkörperchen sind in verschiedenen Kernen in sehr verschiedener Anzahl vorhanden. Je nach der von 0—1—16—100 und mehr schwankenden Anzahl in einem

einzigen Kerne unterscheidet man anucleoläre oder enucleoläre, in denen kein Kernkörperchen sichtbar ist, uninucleoläre, binucleoläre (beide = paucinucleoläre) plurinucleoläre Kerne, die mehr als zwei Nucleoli haben, und multinucleoläre mit mehr als vier Kernkörperchen.

Indessen ist zu bemerken, dass in denjenigen Geweben, welche multinucleoläre Kerne besitzen, solche keineswegs ausschliesslich vorhanden zu sein pflegen. Vielmehr sind pauci- und plurinucleoläre Kerne in mehr oder weniger hervortretender Anzahl darin zu finden. Wo sich (wie z. B. im Harnblasen-Epithel des Kaninchens) Zellen verschiedenen Alters über einander geschichtet finden, nehmen die absoluten Durchmesser der Nucleoli und ihre wechselseitige Distanz innerhalb des Kerns mit dem Alter der Zelle zu, nicht aber ihre Anzahl, die sich in einzelnen Zellen sogar vermindern muss. Ferner wächst der Durchmesser im Allgemeinen mit der Grösse des Kerns resp. der Zelle selbst.

Auch pflegen uninucleoläre Kerne grössere Kernkörperchen zu besitzen als binucleoläre benachbarter Zellen und diese sind wiederum grösser als in multinucleolären Kernen.

Die Unterscheidung pluri- und multinucleolärer Kerne von uni- oder binucleolären, die körnige Niederschläge enthalten, hat Auerbach (1874) ermöglicht und viele Einzel-Angaben geliefert. Obgleich unter den verschiedenen Thierclassen keine wesentlichen Unterschiede in Betreff der Verbreitung multinucleolärer Kerne zu bestehen scheinen, so entspricht doch nach Auerbach, dem die unten registrirten Angaben zu verdanken sind, einer niedrigeren Entwicklungsstufe des Embryo so gut wie der ganzen betreffenden Thierclasse im Allgemeinen eine geringere Anzahl von Nucleoli. Dass die Kernkörperchen im Verlauf der Entwicklung auseinander rücken und Theilungsvorgänge an ihnen beobachtet sind (Kölliker, 1843, in sich furchenden Nematoden-Eiern), würde mit dieser Anschauung übereinstimmen. Andererseits erklärte Leydig (1850) in umgekehrter Weise das Vorkommen von Kernen mit nur einem Nucleolus (Keimfleck) in älteren Eiern von Schnecken (Paludina), während die jüngeren deren zwei besassen, aus einer secundären Verschmelzung der letzteren. Es darf auch nicht übersehen werden, dass in abgestorbenen älteren Zellen (z. B. Platten-Epithelien) die mehrfachen Kernkörperchen erkennbar bleiben, während der Kern eintrocknet und die Kernflüssigkeit verschwindet. Endlich entscheidet der Umstand, dass benachbarte Kerne (z. B. derselben Epithelialzellenlage) schwankende Verhältnisse ihrer Nucleoli darbieten, für die Ansicht, welche diesem Umstande keine tiefere Bedeutung beizulegen geneigt ist.

Anucleoläre Kerne besitzen: die aus der Dotterfurchung hervorgegangenen Zellen in den Eiern von Vertebraten, Articulaten und Würmern in sehr frühen Entwicklungsstadien des Embryo. Dies ist bereits von Bergmann (1841), Reichert (1841) und Remak (1855) beim Frosch, von Reichert (1846) bei Strongylus auricularis, von Kölliker (1843) bei Strongylus dentatus und Ascaris dactyluris, von Bischoff (1845) beim Hunde und Frosch, von Auerbach (1874) beim Frosch und bei Musca vomitoria constatirt.

Uninucleoläre Kerne haben: die Eizellen der höheren Wirbelthiere, die Ganglienzellen aller Wirbelthiere.

Binucleoläre Kerne zeigen: manche Ganglienzellen bei Proteus, einzelne weisse Blutkörperchen und Muskelkerne bei Salamandra maculata, manche Epidermiszellen der Nickhaut bei Rana esculenta, manche Epithelialzellen bei Säugethieren u. s. w.

Plurinucleoläre Kerne besitzen: die Linsenfasern und das Kapsel-Epithel der Krystalllinse bei Salamandra maculata. Nach Bidder (1869) haben auch Ganglienzellen (Gangl. coeliacum) 1—4 Kernkörperchen.

Multinucleoläre Kerne wurden von Auerbach (1874), abgesehen von Vögeln und Fischen, an folgenden Körperstellen beobachtet und zwar bei Repräsentanten verschiedener Ordnungen (Hund, Kaninchen, Meerschweinchen, Frosch, Triton, Salamander, Proteus) an folgenden Orten: Kiemen-Epithel (bei Proteus), Epidermiszellen, Epithel der Harnblase und des Nierenbeckens, Epithel des Plexus chorioidei, Cylinder-Epithel des Dünndarms, Flimmer-Epithel, Epithel der Lungen-Alveolen, der Magendrüsen (Frosch), der Lieberkühn'schen Drüsen (Säugethiere), der Linsenfasern und des Linsenkapsel-Epithels, Epithel der Harnkanälchen, Endothelien des Peritoneum, kleiner Arterien (Frosch) und der Aorta (Kaninchen), Bindegewebszellen (nackte Amphibien), Fettzellen (Proteus), Zellen der Gelenkknorpel und anderer Hyalin-Knorpel, farblose Zellen der Milzpulpa und des Blutes, rothe Blutkörperchen (nackte Amphibien), Leberzellen, glatte Muskelfasern, Sarcolemkerne und Muskelkerne (nackte Amphibien). Am grössten und schon längst bekannt sind die zahlreichen Kernkörperchen (Keimflecke) der Eizellen bei Amphibien und Fischen. In Eiern wirbelloser Thiere sahen Balbiani (1865, bei Spinnen), la Valette, St. George (1866, bei Libellen), Brandt (1874, bei

Blatta orientalis), Metschnikow (1868, bei einer Spinnenart Lycosa); Letzterer auch in Fischeiern (bei Carassius), ebenfalls Ransom (1867, bei Gasterosteus leiurus) die Keimflecke, sowie Metschnikow in Kernen der Speicheldrüsen von Insectenlarven, und Svierzewski (1869) in denjenigen von Ganglienzellen die Kernkörperchen selbständige Bewegungen ausführen. Mehrfache Kernkörperchen dürfen weder mit körnigen Gerinnungen der Kernflüssigkeit (S. 11), noch mit anscheinenden Theilungsvorgängen, wobei mehrere Kernkörperchen unter einander durch Fäden (Fig. 7 *A*) verbunden sind (Brandt, bei Blatta) verwechselt werden.

Einige Kernkörperchen besitzen im Centrum noch einen punktförmigen Fleck (Korn, Nucleolulus), der vielleicht ein Hohlraum ist (Fig. 2 *D*). Am meisten spricht aber für eine feinere Organisation des Kernkörperchens der Umstand, dass dasselbe in vielen Kernen mittelst unmessbar feiner fädiger oder membranartiger Verbindungen (Fig. 2 *A*) suspendirt, an die Innenwand der Kernmembran befestigt ist. In anderen Kernen wird das Kernkörperchen von einem hellen Hof umgeben, der sich gegen den übrigen leicht körnigen Kerninhalt durch einen distincten kreisförmigen Ring, den Ausdruck einer Kugelschale, die aus sehr feinen 0,0003 messenden Körnchen besteht, abgrenzt. Sind zwei Kernkörperchen vorhanden, so besitzt jedes derselben eine solche Kugelschale. Die Körnchen dieses Kernkörperchenhofes (Fig. 10 *B*), Körnchenkreis, Körnchensphäre, werden durch Goldchlorid schwarz gefärbt, sie finden sich auch in lebenden Zellen; mit den erwähnten fädigen Verbindungen (Fig. 2 *D*) stehen sie in keinem Zusammenhange, indem letztere zwischen den Körnchen hindurchtreten.

Bisher wurden Kernkörperchenhöfe constatirt in den Kernen der Inoblasten, glatten Muskelfasern, Ganglienzellen, Eizellen und sehr verbreitet in Platten-Epithelien.

Nach Eimer (1871), der den Körnchenhof entdeckte, sollen alle Kerne einen solchen besitzen.

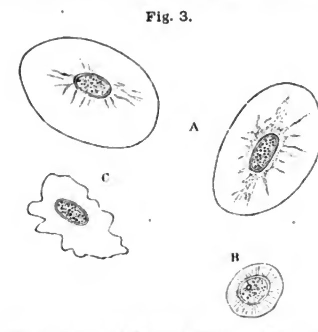
Oikoblasten. Manche Protoblasten verharren permanent als solche auf der beschriebenen Stufe, andere aber erleiden Modificationen ihrer Beschaffenheit. Der auffälligste Unterschied ist, dass sie eine bleibende Form annehmen, während die Protoblasten entweder ganz formlos sind oder sich der Kugelgestalt nähern. Mit Ausprägung der bleibenden Form geht nicht nur die contractile Beschaffenheit des Protoplasma verloren, sondern die Zellen, die dann nicht mehr Protoblasten sind, werden im Allgemeinen ärmer an Wasser, ihre Leibessubstanz fester, die körnige Beschaffenheit kann schwinden oder es treten verschiedenartige Einlagerungen auf.

Alle diese Veränderungen sind wesentlich von einem Festwerden eines Theiles des Protoplasma d. h. von der Ausscheidung eines Eiweisskörpers in fester Form abhängig. Derselbe bildet an der äusseren Peripherie der Zelle eine dichtere Grenzschicht; von dieser erstrecken sich festere Fäden, dünne Membranen, die unter einander anastomosiren, nach dem Centrum der Zelle, treten mit der äusseren Oberfläche der Kernmembran in Verbindung, wenn ein Kern vorhanden, was aber nicht in allen Oikoblasten (z. B. bei rothen Blutkörperchen nicht) der Fall. Die Lücken und Hohlräume des so gebildeten Gehäuses oder des Stroma (Fig. 3) werden entweder von gewöhnlichem Protoplasma, oder von bestimmten Eiweisskörpern (Hämoglobin in den rothen Blutkörperchen), oder von wässrigen Eiweisslösungen ausgefüllt. Letztere nennt man Intracellularflüssigkeiten.

Die auf solche Weise entstehenden Formen stehen mathematischen so nahe, dass sie als solche nicht verkannt werden können. Von Einzelgestalten kommen vor: kuglige Zellen; eiförmige, die auch wohl ovale genannt werden, weil ihr grösster Durchschnitt eine Ellipse darstellt; spindelförmige: beide gehen aus der Kugelform durch Wachsen in zwei entgegengesetzten Rich-

tungen hervor. Ist die Zelle nach einer Richtung hin in einen langen cylindrischen Fortsatz ausgewachsen, der dünner ist als der Zellenleib und quer abgestutzt aufhört, so wird ein solches Gebilde: Stäbchenzelle genannt; nach der entgegengesetzten Seite hin pflegt dann ein schlankerer, spitz zulaufender Fortsatz abzugehen, so dass die Zelle im Ganzen doch einer spindelförmigen ähnelt. Einseitiges Wachsthum bedingt die Cylinderform, wobei es sich eigentlich um Kegel mit kleiner Basis im Verhältniss zu ihrer Höhe und abgestumpfter, abgerundeter Spitze handelt; ferner die eigentliche Kegelform; die Birnform, wobei eine kuglige Zelle einen kürzeren oder längeren Ausläufer entsendet. Diese Formen sind zum Theil vom gegenseitigen Druck der Zellen unter einander abhängig, noch mehr tritt dies hervor bei Zellen von polygonaler Form. Häufig sind abgeplattete Zellen, die dabei rund, oval, polygonal u. s. w. sein können; seltener sind Zellen mit Ausläufern; solche heissen sternförmige, mehrstrahlige, auch wohl multipolare, dagegen uni- und bipolare, wenn ein oder zwei lange Ausläufer sich finden. Die Ausläufer können eine sehr beträchtliche Länge erreichen, in diesem Fall werden sie öfters als Fasern bezeichnet. Kürzere oder längere Ausläufer können sich theilen und sich auch unter einander verbinden oder anastomosiren. Das Stroma der länglich cylindrischen Oikoblasten ist manchmal längsfasrig.

Fig. 3.



Blutkörperchen des Frosches, frisch, mit Zusatz von kohlensaurem Kali. V. 1000. *A.* Zwei rothe, die Kerne sind doppelt contourirt, getrübt, die Zellen zeigen ihr Stroma. *B.* Lymphkörperchen, ebenso, mit deutlichem Stroma. *C.* Ein rothes, nach längerer Einwirkung desselben Reagens faltig geworden.

Indem Zellen die beschriebenen Formen erhalten, folgt ihr Kern zwar in demselben Sinne, ohne doch sich irgendwie weit von seiner ursprünglichen Gestalt zu entfernen. Was die Formen des Kerns anlangt, so können sehr mannigfaltig geformte Zellen kuglige Kerne zeigen; andererseits besitzen ovale Zellen einen ellipsoidischen, in die Länge gezogene Zellen einen länglichen Kern; in abgeplatteten Zellen wird auch der Kern platt, dessen Dicke die der Zelle nicht zu überragen pflegt, aber verhältnissmässig bleibt der Kern durchweg der Kugelgestalt mehr genähert als die Zelle; in der Kantenansicht erscheinen abgeplattete Kerne als glänzende Stäbchen. Das Kernkörperchen vollends erscheint kuglig, wenn es wahrnehmbar ist.

Bei weitem die meisten im Organismus vorkommenden Zellen mit Ausnahme ihrer Jugendformen sind Oikoblasten. Wo immer es sich um Zellen handelt, denen eine bestimmte Form zugeschrieben und nicht ausdrücklich etwas Anderes bemerkt wird, betrifft es selbstverständlich nur solche, die ein Stroma besitzen, mithin Oikoblasten sind.

Bei den beschriebenen Prägungen der Zellen in bestimmte Formen wird ihr Stroma wie gesagt peripherisch wohl etwas verdichtet, ohne jedoch nach innen sich irgendwie scharf abzugrenzen. Die scharfen Contouren aber, welche sphärische oder polyedrische Körper, die in dünnerem Medium schwimmen, bei durchfallendem Lichte darbieten, haben früher zu der Annahme von umgebenden Membranen an den Zellen geführt. Solche existiren

nicht, doch gibt es eine übrigens auch nur scheinbare Ausnahme: bei der Fettzelle.

4. *Cytoblasten.* In manchen Zellen treten wie schon erwähnt vom Protoplasma sich chemisch unterscheidende Einlagerungen auf. Grössere Körnchen eiweissartiger Substanz charakterisiren sich durch ihre Löslichkeit oder Aufquellen bis zum Unsichtbarwerden in verdünnten Säuren oder Alkalien. Unter denselben Umständen bleiben Fetttröpfchen resistent: ausgezeichnet durch ihre dunkeln Contouren, die durch ihren von dem des Wassers und dem nahestehenden des Protoplasma sehr verschiedenen Brechungsindex bedingt werden, sind sie durch verdünnte Alkalien trotz ihrer Kleinheit in der Kälte nicht verseifbar. Durch Behandlung mit Osmiumsäure oder Goldchlorid werden sie geschwärzt. Manche Zellen enthalten grössere und kleinere zahlreichere oder einzelne derartige Fett-Einlagerungen. Gewisse Zellen aber gibt es, nämlich die ausschliesslich sogenannten Fettzellen, welche scheinbar nur aus einem grossen ellipsoidischen Tropfen flüssigen Fettes und einer einschliessenden Membran bestehen. In Wahrheit ist die letztere keine besondere Membran, sondern nichts als eine sehr dünne, den Fetttropfen allseitig umgebende Protoplasmaschicht, aus festerer Eiweisssubstanz gebildet, wie gewöhnliches Protoplasma, welche Schicht einen abgeplatteten Kern enthält. Auf diese Art erklärt sich die Bildung der Fettzellen (S. Bindegewebe), der einzigen bis jetzt bekannten Form von Cytoblasten.

Stoffwechsel der Zellen. Abgesehen vom Fett enthalten andere Zellen Pigmentkörnchen oder Krystalle, noch andere können Kalkeinlagerungen zeigen. Endlich kommen in Zellenkörpern Hohlräume vor, die durch Säuren nicht deutlicher hervortreten, sie enthalten zum Theil eine zähflüssige Lösung eines eiweissartigen Körpers, die dünnflüssiger und von geringerem Brechungsindex ist, als die des umgebenden Protoplasma. Solche Vacuolen zeigen microscopisch keine oder sparsame Körnchen im Innern und einen schwach rosafarbenen Glanz, welcher letztere als chromatische Aberration aufzufassen ist. Analoge Erscheinungen zeigt auch jede sonstige Vacuole, d. h. jeder mit Wasser oder schwächer lichtbrechenden wässrigen Lösungen gefüllter Hohlraum innerhalb der Zellenkörper. Der meist sphärische Hohlraum ist bei seiner geringen Grösse wie eine biconvexe Linse wirksam: die gebrochenen Strahlen verschiedener Wellenlängen werden nur unvollkommen wieder vereinigt und Roth als die am wenigsten brechbare Farbe bleibt im Centrum des betreffenden Strahlenkegels übrig. Andere eingelagerte Eiweisskörper sind ebenfalls zähflüssig, homogen, aber von höherem Brechungsindex als das umgebende Protoplasma. Wie der Brechungsindex auch sein mag, so werden derartig characterisirte, mattglänzende, flüssige Eiweisssubstanzen unter dem Namen Colloid zusammengefasst, womit keine Erinnerung an die chemischen Charaktere leimgebender Substanz verbunden, sondern nur physicalische Eigenschaften bezeichnet werden sollen.

Diese Einlagerungen kommen in der Regel bei älter gewordenen, auch bei absterbenden Zellen vor. Der gewöhnliche Stoffwechsel, namentlich derjenigen Zellen aber, die noch wachsen, ist wesentlich durch die Imbibitionsfähigkeit der Eiweisskörper bedingt, welche den Zellenkörper zusammensetzen und zufolge wenigstens theilweiser Assimilirung der acquirirten Stoffe wachsen die Zellen.

Eine zweite Function des Stoffwechsels im Gegensatz zur Aufnahme bildet die Stoff-Abgabe, Ausscheidung. Ist das Ausgeschiedene in festem Aggregatzustand befindlich oder nimmt es einen solchen an, so entstehen die Zellen-Derivate, Ablagerungen, Ausscheidungen (S. unten) im engeren Sinne.

Gewöhnlicher handelt es sich um wässrige Lösungen, die eine von der aufgenommenen qualitativ oder doch quantitativ wesentlich verschiedene chemische Zusammensetzung haben und hierin beruht das Interesse, das sich an manche Elementar-Organismen als Secretions-Apparate knüpft, die meist Secretions-Zellen heissen.

Wie der verschiedenartige besondere Inhalt des Zellenleibes entsteht, ist nach den Umständen verschieden. Protoblasten können mit ihrem weichen schleimigen Körper andere microscopische Objecte umfliessen und in ihre Substanz aufnehmen. Das vom Protoplasmaleibe umschlossene Körperchen kann sogar grösser sein, als die amöboide Zelle selbst, wobei letztere nur als fast unmessbar schmaler Ring um das erstere herum erkennbar bleibt. So verspeisen weisse Blutkörperchen z. B. Farbstoffkörnchen, Zinnober u. dergl., die ihnen künstlich dargeboten werden, aber auch rothe Blutkörperchen werden von den weissen gefressen, wie man wohl zu sagen pflegt. Es ist dies eine sehr wichtige Eigenschaft der Protoblasten, die sie mit Amoeben theilen; sie erklärt die Aufnahme einer Menge von Substanzen namentlich auch von Fettkörnchen in das Protoplasma; andererseits glaubt man, dass Fett aus einer Umsetzung von Eiweisskörpern des Zellenleibes selbst seinen Ursprung nehmen könne. Wie Protoblasten andere Zellen, namentlich wenn letztere kleiner sind, verspeisen können, so können sie aber auch in solche einwandern, falls letztere grösser und weich genug sind.

Nicht nur Festigkeit, Farbe, Inhalt und Form der Zellen wechseln, sondern es schwankt auch ihre **Grösse**. Die meisten Zellen haben so geringe Dimensionen, dass sie erst bei 3—400 maligen sog. gewöhnlichen Vergrösserungen bequem als Einzelindividuen wahrgenommen werden können. Hierin liegt, beiläufig bemerkt, der Grund der häufigen praktischen Anwendung gerade dieser Vergrösserung. Die kleinsten Zellen sind die Blutkörperchen von 0,004—9 Mm., die grösste ist die Eizelle, im reifen Zustande 0,2—0,3 Mm. messend, und also eben mit blossem Auge sichtbar. Bei Thieren kommen bedeutend grössere Eizellen vor.

Als Ursache dieser auffallenden Constanz microscopischer Grösse sind zwei Umstände anzusehen. Die Ernährungsmöglichkeit, der für die lebende Zelle unerlässliche Stoffwechsel wird beschränkt von der Zusammenhäufung vieler Zellen, die wie andere Organismen mit einander um ihre Existenz sich streiten müssen. Ist aber die Ernährungszufuhr eine reichlichere, so wird das überschüssige Material nicht zu weiterem Wachsthum, sondern zur Vermehrung, zur Bildung neuer Zellen verwendet.

So verschieden die Zellen gestaltet und beschaffen sind, so übereinstimmend verhalten sich für die jetzigen Hülfsmittel die Kerne der verschiedensten Gewebe, Organe und Thierclassen. Die Differenzen beziehen sich auf Grösse, Form und Inhalt. Erstere steigt mit der absoluten Grösse der Zellen, wenn auch keineswegs in direct proportionalem Verhältniss. Relativ zur Zelle nimmt sie ab, je älter letztere wird, was aber nur von rasch wachsenden Geweben, namentlich den Epithelien gilt. Ueber Form und Inhalt s. oben (S. 10—14).

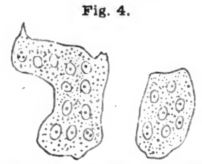
Die Vermehrung der Zellen geschieht, so weit sie mit Sicherheit bekannt ist, stets durch Theilung schon vorhandener Zellen, durch Zellentheilung, die wie man annimmt mit und ohne Betheiligung des Kerns vor sich gehen kann.

1. Der Kern bleibt ungetheilt. Die Zelle sitzt an einem Ende mittelst einer Fussplatte fest, sie wächst in der Richtung senkrecht auf letztere, sitzt später derselben mit einem dünnen Stiel auf, der schliesslich durchgetrennt wird. So wird die Zelle sammt einem Kern, den sie enthält, losgelöst, die

Fussplatte wächst zu einer neuen Zelle heran, in welcher sich auf unbekannte Art ein neuer Kern bildet. (S. 25.)

2. Der Kern theilt sich. Es gibt Zellen, welche zwei oder viele Kerne enthalten, ohne sich, so viel man weiss, zu theilen. Solche entstehen durch successive Kerntheilungen, welchen letzteren das Protoplasma nicht folgt, sondern sich nur durch Wachsthum seiner Gesammtmasse vermehrt. Auf diese Art kommen *Riesenzellen* (Myeloplaxes) (Fig. 4) zu Stande, ferner quergestreifte Muskelfasern, Myoblasten. In vielen Fällen aber ist die Zelle mit zwei Kernen als Ausdruck eines Stadium der Zellentheilung zu betrachten, die von einer Kerntheilung eingeleitet wird, wie gleich folgt.

Fig. 4.



Zwei Riesenzellen mit vielen ovalen Kernen aus dem Knochenmark eines Neugeborenen, frisch, mit 5%igem molybdänsaurem Ammoniak. V. 400.

Aus weissen Blutkörperchen sah Ziegler (1874) direct Riesenzellen durch Kerntheilung hervorgehen. Manchmal entstehen letztere auch durch Zusammenfliessen des Protoplasma's mehrerer Zellen, deren Kerne dann gemeinschaftlich diejenigen der Riesenzelle repräsentiren (S. Knochenwachsthum). Auf solche Art (Zielonko, 1874) können Riesenzellen experimentell sowohl aus Epithelialzellen der Frosch-Cornea als aus Epithelialzellen des Pericardium und Mesenterium erzeugt werden. Beide Arten unterscheiden sich durch unregelmässige Gestalten und zahlreiche Fortsätze, welche den letzteren zukommen. Auch in jungen Sehnen gibt es Riesenzellen (Loewe, 1874).

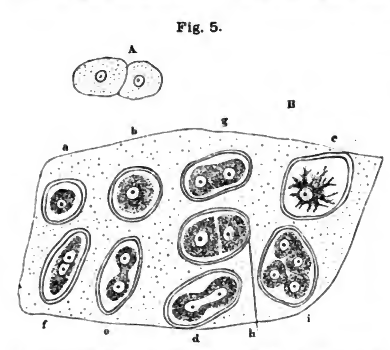
Ob das Kernkörperchen sich zuerst theilt oder überhaupt sich theilen kann, ist ungewiss, wenngleich behauptet (Kölliker, 1843, in Nematoden-Eiern). Binucleoläre Kerne machen allerdings den Eindruck, als wenn ihre Kernkörperchen aus Theilung hervorgegangen wären. Noch mehr scheinen die Fälle von mehrfacher Kern-Einschnürung (Fig. 7 *A*), wobei die Kernkörperchen durch Fäden verbunden sind, dafür zu sprechen.

Der Vorgang der Kerntheilung selbst, dem die Zellentheilung folgt, ist bei den sich furchenden befruchteten Eiern niederer Thiere, insbesondere der Nematoden, direct unter dem Microscop mit Immersionssystemen zu beobachten, und läuft binnen wenigen Minuten ab. Der ursprünglich kuglige Kern zieht sich in die Länge, wird hantelförmig, welches Stadium auch bei anderen Zellen, die sich theilen, zu beobachten ist (Fig. 7 *B*); die Enden des Kerns erscheinen bald verwaschen, strahlig oder sternförmig, während das Zellenprotoplasma senkrecht auf das Verbindungsstück beider Kernhälften eine Einschnürung bekommt. Dieses Stück zieht sich zu einem dünnen Faden aus, der in der Mitte gleichsam abreisst, die so entstandenen zwei Kerne ziehen ihre einander zugekehrten Ausläufer, d. h. die Hälften des ehemaligen Verbindungsstückes ein, wobei dieselben zunächst eiförmig werden und einen doppeltcontourirten Grenzsaum zeigen. Gleichzeitig trennt sich das Zellenprotoplasma entsprechend der ursprünglichen Einschnürung in zwei Hälften. So sind zwei kernhaltige Zellen (erste Furchungskugeln) entstanden, an welchen derselbe Theilungsvorgang sofort sich wiederholt, während die Grösse der neu entstehenden Zellen mit jeder Theilung geringer wird.

An anderen Zellen geht die Theilung in wesentlich gleicher Weise, doch, wie es scheint, etwas langsamer vor sich. Die Kerne ziehen sich in die Länge, werden mehr eiförmig; durch Wachsthum einzelner Fäden oder schmaler Membranen, die, wie erwähnt (S. 13, Fig. 2 *A*), das Kernkörperchen mit der Innenwand der Kernmembran verbinden können, in der Richtung der Ebenen selbst in der jene Membranen ausgespannt sind, entsteht eine Scheidewand, die den länglichen Kern in zwei ziemlich gleiche Hälften theilt. Es vermag dabei eine Einkerbung oder Einschnürung des Kerns an seiner Peripherie (Fig. 5 *d*) entsprechend der Stelle, wo sich die scheidende Membran an die

Innenwand der Kernmembran anheftet, zu entstehen; doch dies ist selten und die oft zu beobachtenden Einkerbungen, nierenförmigen Gestalten der Kerne etc. haben mit Theilungen nichts zu thun, sondern beruhen auf Wasserverlust des Kerninhalts (S. Epithelium).

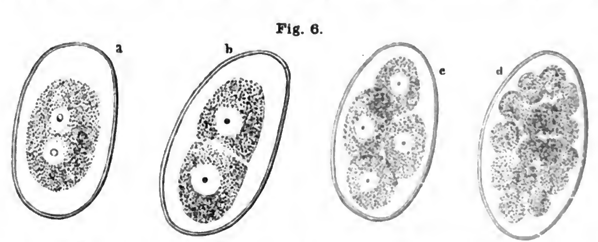
Fig. 5.



A. Polygonale Zelle aus einer Magensaftdrüse in Theilung begriffen, bereits mit zwei Kernen versehen. V. 600. *B.* Hyaliner Knorpel der Tibia vom Neugeborenen, Schnitt mit Wasser, schematische Zusammenstellung, V. 1000. Die Zellen sind von Knorpelkapseln umgeben, die Grundsubstanz des hyaliner Knorpels enthält einige feine Körnchen; die Zellen sind stark körnig. *a* Zelle, die sich weit von ihrer Kapsel zurückgezogen hat, bei *b* ist die Distanz geringer, *c* sternförmige Knorpelzelle, *d* in die Länge gezogener Kern, Anfang der Kerntheilung, *e* zwei Kerne in einer eingeschnürten sanduhrförmigen Zelle; in *g* sind die Kerne weiter auseinander gerückt, *h* Knorpelkapsel, die zwei und *i* eine solche (sog. Mutterzelle), die vier Knorpelzellen enthält.

Aus der Zelle mit zwei dicht aneinander liegenden, aus Theilung eines einfachen hervorgegangenen Kernen wird durch Auseinanderrücken der Kerne bei gleichzeitigem Wachsthum der Zelle in die Länge eine eiförmige, in der Ebene ihrer kleinen Axen eingeschnürte Zelle mit zwei Kernen. Dann vollzieht sich die vollständige Theilung der Zelle in zwei neue Zellen durch Trennung ihrer beiden Hälften. Ob das Protoplasma sich dabei zeitweise zu einem dünnen Verbindungsfaden auszieht, wie es von der erstbeschriebenen Zellentheilung und von der Kerntheilung (Fig. 7 *B*) bekannt, ist zweifelhaft; sicher aber, dass die durch Theilung entstandenen Zellen sich aufs Neue und mehrmals wiederholt theilen können. Dieser Vorgang erneuert sich am häufigsten bei der Dotterfurchung (Fig. 6). Nach der Befruchtung schwindet der Kern der Eizelle, es tritt ein neuer Kern auf, der nun sich theilt, womit

Fig. 6.



Vier befruchtete Eier von Strongylus retortaeformis aus dem Dünndarm des Kaninchens; in Dotterfurchung begriffen. Die äussere Eischale ist doppelt contourirt. Frisch, V. 400. *a* Eizelle im Begriff sich zu theilen, mit zwei deutlichen Kernkörperchen, in undeutlichen Kernen. *b* Nach der ersten Theilung, Kern und Kernkörperchen sind deutlich. *c* Vier Dotterkugeln. *d* Sechzehn Dotterkugeln.

die Zelle in zwei (Fig. 6 *a*) Furchungskugeln sich spaltet, letztere dann in vier, diese in acht u. s. f., bis aus der einfachen Eizelle eine sehr grosse

Anzahl von Protoblasten entstanden sind, die den Körper des Embryo in einer frühen Entwicklungsperiode allein constituiren. Bei niederen Thieren (Würmern) soll übrigens der ursprüngliche Kern der Eizelle persistiren und dann fällt der Vorgang der Dotterfurchung mit der Zellenvermehrung durch Kerntheilung zusammen, während sonst eine spontane Neubildung des Kernes der ersten Furchungskugel angenommen werden muss.

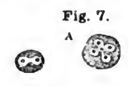
3. In einigen Fällen kommt es vor, dass der Kern sich nicht in zwei, sondern in drei bis fünf ziemlich gleich grosse Theile einschnürt und trennt, wonach dann mehrere Zellen zugleich aus der ursprünglichen hervorgehen (Fig. 7 *A*).

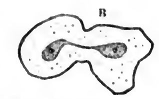
Früher nahm man auch eine Vermehrung der Zellen durch Generatio aequivoca s. spontanea an: Eiweiss- resp. Fettkörnchen sollten sich zusammenballen und durch weitere Differenzirung die einzelnen Bestandtheile der Zelle sich bilden. Als zweite Art galt die Zellenvermehrung durch Knospung, die sich von der durch mehrfache Kerntheilung nur dadurch unterschied, dass eine Zelle als Stammzelle an ihrem Standorte festsitzend verharrte, von der sich durch successiv erneuerte Abschnürung Generationen junger Zellen lösen sollten. Diese Annahmen sind als auf Beobachtungsfehlern beruhend erkannt worden.

Als dritte Art der Vermehrung ist die durch endogene Bildung betrachtet worden. Dieser Annahme liegen Verwechslungen zu Grunde. Einmal hielt man frühere Zellengruppen, die in einem gemeinschaftlichen Hohlraum (S. 21) gelegen waren, für im Innern einer sog. Mutterzelle (Fig. 5 *i*) entstanden, für welche letztere irrthümlich der betreffende Hohlraum genommen wurde. Zweitens sah man das Vorkommen von Zellen in anderen für einen Beweis ihres Entstandenseins durch endogene Bildung an, während es sich entweder um Verspeisung anderer Zellen (bei Leukoblasten z. B. ihres Gleichen oder rother Blutkörperchen) durch Protoblasten oder um Einwanderung letzterer in Zellen handelte, die grösser sind, als sie selbst. Drittens rechnete man die Vorgänge bei der Dotterfurchung (S. 18) hierher, indem die Umhüllung der Eizelle als Zellmembran angesehen wurde (S. 21). Die endogene Zellenbildung ist hiernach aus der Reihe der constatirten Thatsachen zu streichen.

Die Entstehung der Zellen ist eine der Fundamentalfragen, von deren Erledigung wesentliches Weiterschreiten der Anatomie und damit der Medicin überhaupt abhängt. Leider fehlt noch ein gemeinsames Princip, unter welchem sich die drei constatirten Modificationen zusammenfassen liessen, und käme es hierbei namentlich darauf an, das Verhalten der Kerne genauer festzustellen, als es bisher geschehen.

Fig. 7.





A. Zwei Leukoblasten (Lymphkörperchen) aus der Milz eines 8tägigen Hundes, ohne Zusatz. *a* Eiförmige Zelle mit Theilung des Kerns in zwei Hälften; jede derselben zeigt ein Kernkörperchen. *b* Spaltung des Kerns in vier; jeder Theil enthält ein Kernkörperchen, die noch durch Fäden mit einander verbunden sind. V. 1500/400. *B*. Knorpelzelle aus der Achillessehne des Frosches isolirt, mit Wasser. Theilung des Kerns, dessen Hälften noch durch einen dünnen Faden verbunden sind und secundäre Einschnürung der Zelle, welche deren beginnende Theilung andeutet. V. 1000/500.

Lebenslauf der Zellen. Nach dem Gesagten gestaltet sich der Lebenslauf der Zellen, wenn er am einfachsten ist, wie folgt. Aus dem Autoblasten, dem kernlosen Protoplasmaklümpchen oder durch Kerntheilung aus dem kernhaltigen Protoblasten entsteht vermöge des Festwerdens eines Eiweisskörpers in Form des Stroma ein Oikoblast. Auf dieser Stufe kann die Zelle, so lange sie im Organismus existirt, verharren (Blutkörperchen der Wirbelthiere mit Ausnahme der Säuger), oder sie verliert ihren Kern (Blutkörperchen der Säuger, Plattenepithelien).

Mit dem Schwinden des Kerns ist die Zelle dem Untergange geweiht. Wie lang ihre Lebensdauer aber im einzelnen Falle, ist nicht einmal fragmentarisch bekannt. Von vielen Zellen ist es freilich sicher genug, was wohl zuerst Virchow (1853) als wahrscheinlich hingestellt hat, dass sie so lange existiren, wie der Organismus selbst. Dies folgt nicht nur aus dem Mangel bisheriger Nachweise über Neubildung und damit Hand in Hand gehender Rückbildung an den betreffenden Localitäten, sondern aus den anatomischen Anordnungen selbst, welche ein Ausfallen einzelner Zellen geradezu unmöglich machen, ohne die Structur des ganzen Apparates zu stören. Hierher gehören z. B. die Osteoblasten, die polygonalen Pigmentzellen der Chorioidea, die Innen- und Aussenpfeiler im Arcus spiralis der Gehörschnecke und Andere mehr. Alle dergleichen Gebilde sind aber bereits weiter verändert, jedenfalls stellen sie Oikoblasten dar mit specifischen Einlagerungen (krystallinischem Pigment der Chorioidea) in ihr Stroma oder mit

secundärer Faserbildung in demselben (Pfeiler der Gehörschnecke). Dagegen steht es bei einer sehr grossen Zahl von Zellen, namentlich bei Epithelien, fest, dass ihre Lebensdauer eine bei weitem kürzere ist, als die des ganzen Organismus. Am auffälligsten ist dies in der steten Erneuerung des aus Zellen bestehenden Oberhäutchen der äusseren Haut, deren allmäliges Nachwachsen schon dem Laien geläufig ist. Wie lange eine Zelle desselben lebt, oder, was dasselbe ist, wie viel Zeit zwischen je zwei Theilungen liegt, die successive an derselben Zelle vor sich gehen, ist nicht mit Sicherheit bekannt.

Nimmt man an, dass die zum Theilungsprocess selbst erforderliche Zeit verschwindend sei gegen die Lebensdauer der Zelle, was zulässig, da die Theilung jedenfalls verhältnissmässig sehr rasch von Statten geht, wie aus den erwähnten (S. 18) Beobachtungen an Furchungskugeln, sowie aus der Seltenheit von eingeschnürten Zellen geschlossen werden muss, so kann man diese Zeit vernachlässigen und dann nach Beobachtungen am Nagel den fraglichen Zeitraum auf 3—12 Stunden bestimmen. Eine Zelle liefert also täglich 2—8 neue: immerhin eine Lebhaftigkeit der Reproduction, welche unserer Vorstellung schwer geläufig zu machen ist. Sie steht aber im Einklang mit dem bekannten bedeutenden Stoffumsatz im Blut, der Menge der gebildeten Lymphe und Secrete, der enormen Eierbildung bei niederen Thieren und der rasch sich wiederholenden Vermehrung einzelliger Pflanzen und Thiere. Ehe die Oberhautzelle abstirbt, verliert sie zunächst an Wasser, wobei sie sich mehr und mehr, schliesslich ganz abplattet; der Kern schrumpft und vertrocknet ebenfalls, so dass an seiner Stelle nur eine platte Höhlung zurückbleibt; endlich wird das eiweissartige Protoplasma in Hornstoff, Keratin, umgewandelt, während von dem Kern keine Spur mehr zu finden ist. Aehnlich, wenn auch nicht bis zum völligen Verschwinden des Kerns ist der Entwicklungsgang bei manchen Epithelien. Andere derartige Zellen füllen sich mit Colloidmasse, erhalten dadurch eine aufgetriebene bauchige Form (Becherzellen), platzen schliesslich, der colloide Inhalt wird entleert und dann tritt, wie man früher annahm, Absterben der geplatzten Zelle ein, die ausgestossen wird, oder wahrscheinlicher Neubildung derselben durch Wachsthum des zurückgebliebenen Theiles derselben (S. Epithelien).

Noch andere Zellen verlieren ihre Lebenseigenschaften, namentlich den Stoffwechsel, durch massenhafte Einlagerungen der bereits als im Protoplasma vorkommend erwähnten Fette, Pigmente und Kalksalze.

Von einigen Epithelien ist behauptet worden (z. B. von dem der Harnblase, Linck, 1864), dass sie keiner Erneuerung unterliegen. Man könnte dies, abgesehen von manchen Sinnes-Epithelien (Retina, Schnecke) auch von Nerven-führenden Epithelien (Cornea, s. Nerven-Endigungen) vermuthen.

Ausscheidungen der Zellen. Abgesehen von diesen einfacheren Veränderungen, bei denen wenigstens die Form der Zellen ziemlich dieselbe bleibt, besteht nun der grösste und wichtigste Theil von solchen in secundären Veränderungen einzelner Abschnitte des Protoplasma oder Ausscheidungen, die das letztere liefert.

Es kann ein Abschnitt der Zellenoberfläche eine Verdickung des Saumes erfahren, welcher als integrirender Theil des übrigen Stroma verharrt. Mehrfache Modificirungen dieses Saumes führen zur Bildung von Porenkanälen, Flimmerhaaren, Haarzellen u. s. w. (S. Epithelien).

Oder der ganze, immer noch aus gewöhnlichem Eiweiss nahestehender Substanz gebildete peripherische Saum der Zelle erhält eine eigenthümliche Beschaffenheit durch kleinste Hervorragungen und Vertiefungen (Fig. 10 *A*).

Oder — und dies ist ein häufig vorkommender Fall — die Oberfläche der Zelle scheidet eine chemisch von ihrem Protoplasma resp. Stroma auf-

fällig verschiedene Substanz aus. Man kann unter Umständen auch der Ansicht sein, dass es sich nicht um Ausscheidungsproducte, sondern um chemische Umwandlung der äussersten Zellenwände handelt, und dies wird um so wahrscheinlicher, je näher die Auflagerung dem Zellenkörper selbst in chemischer Hinsicht steht. Die Ausscheidung oder umgewandelte Zone kann eine dünne membranartige, zuweilen mit Löchern, Poren, versehene Umhüllung darstellen, welche dem Zellenleibe unmittelbar anliegt (Eizelle), oder sich mehr oder weniger weit davon abhebt. Die Form des Zellenkörpers, namentlich, wenn es sich um Protoblasten handelt, weicht manchmal von derjenigen der Umhüllungsschicht sehr ab; z. B. ein sternförmiger Protoblast befindet sich in einem kugligen Hohlraum (Fig. 5 *B c*). Im Knorpel treten derartige Umhüllungen von leimgebender Substanz besonders deutlich als helle structurlose Säume auf. Haben sich die Zellen des Knorpels, die Chondroblasten genannt werden, getheilt, so können mehrere von einer gemeinschaftlichen Umhüllung umschlossen werden (Fig. 5 *B i*); früher wurde das Ganze als *Mutterzelle* mit durch endogene Bildung erzeugten *Tochterzellen* aufgefasst.

Schwann wurde 1839 auf die höchst wichtige Uebereinstimmung der Thiere und Pflanzen durch Untersuchung fötalen Knorpelgewebes (Chorda dorsalis) geführt. Die Pflanzenzellen bestehen aus einer stickstofflosen Cellulose-Membran, die als secundäres Ausscheidungsproduct betrachtet werden muss; darin befindet sich eine meistens die Form des Hohlraumes nachahmende kernhaltige Protoplasma-Masse. Man sah die Umhüllung der Knorpelzelle als Membran an, und so entstand ein lange Zeit in Geltung gebliebenes Schema vom Bau der thierischen Zelle, welcher letzteren Membran, Zelleninhalt, Zellenkern und Kernkörperchen als wesentliche Bestandtheile zugeschrieben wurden, von denen freilich einzelne fehlen konnten. Als Inhalt der Pflanzenzelle galten namentlich Chlorophyll- und Amylumkörnchen, als Inhalt der thierischen Zelle Fett, Pigment u. dergl. Das Wesentliche an dem Schema war die Behauptung, dass die Zelle ein Bläschen sei, dessen Inhalt von der Umgebung mittelst einer endosmotischen Strömungen durchgängigen Membran abgeschlossen werde: die Zelle sei mithin ein kleines chemisches Laboratorium für sich. Schon Bergmann (1841) zeigte, dass es Zellen ohne Membranen gibt, dann erklärten v. Luschka (1860) und Max Schultze (S. 3) letztere für unwesentlich: es gebe viele Zellen mit Membranen und andere ohne solche. Und die neue Zeit bewies, dass gar keine Zellenmembranen im alten Sinne vorkommen; zuletzt (1871) fiel die der Fettzelle.

Die regelmässige Anordnung, welche benachbarten Zellen an vielen Orten und namentlich im Pflanzengewebe, im Thierkörper den Epithelien und Endothelien (Fig. 25) eigenthümlich ist, führte zu dem Vergleich solchen Gewebes mit den Waben eines Bienenstockes und hiervon stammt die Bezeichnung: Zellen.

Eine Differenzirung des Protoplasma in eine äussere, aus leimgebender Substanz gebildete Masse und eine innere, permanent als Protoplasma verharrende, welches letztere dabei die Form eines mehrstrahligen Zellenkörpers annimmt, führt zur Bildung der Knochenzellen, Osteoblasten. Indem sich der Knochen bildet, tritt secundäre Verkalkung der peripherischen leimgebenden Substanz ein.

An manchen Zellen bilden sich Ausscheidungen, — welche wie die Kapseln der Chondroblasten und die peripherische Substanz der ursprünglichen Osteoblasten nicht aus gewöhnlichen Eiweisskörpern, sondern aus leimgebender Substanz bestehen, — nur in bestimmten Richtungen. Man erhält den Eindruck, als verlängere sich das Protoplasma einer spindelförmigen Zelle an den beiden spitzen Enden der letzteren in sehr lange dünne Fasern, welche aber homogen, nicht körnig und, wie gesagt, chemisch von dem betreffenden Protoplasma verschieden sind. So zeigt es sich im gewöhnlichen Bindegewebe und die betreffenden Zellen werden Inoblasten genannt. Man kann die fibrillären, aus leimgebender Substanz bestehenden Fortsätze entweder als Ausscheidung, Secret der länglichen körnigen Zellenkörper, mit denen sie in Verbindung bleiben, betrachten: dann sind die ersteren *Intercellularsubstanz*. Oder sie müssen als bleibende Zellenausläufer betrachtet werden, welche Anschauung wohl die richtigere ist (S. Bindegewebe).

Indem die Zellen in die Länge wachsen, spindelförmig werden, kann ihr contractiles Protoplasma sich erhalten und sich zum Theil in eine Substanz umwandeln, welche weit ergiebigerer Contractionen fähig ist: sie wird Myosin (oder Syntonin, je nach der Darstellungsmethode) genannt. Auf diese Art entstehen die Myoblasten oder Muskelfasern. Entweder haben sie nur

einen Kern und eine zarte äussere Hülle, oder sie sind zu sehr langen Spindeln herangewachsen, die viele Kerne und eine stärkere Hülle besitzen. In letzterem Falle ist der Zellenkörper in seiner Längsansicht durch quergestreifte Beschaffenheit ausgezeichnet; in beiden Fällen bildet sich die Hülle als secundäres Ausscheidungs- oder Umwandlungsproduct der Wandschicht des ursprünglichen Protoplasma.

Während bei den zuletzt beschriebenen Formen es sich als wahrscheinlicher herausstellt, dass ihre äusseren Abscheidungen zunächst von chemischen Umwandlungen peripherischer Protoplasma-Schichten abhängen, finden sich unter anderen Umständen Anhänge an den Zellen, welche entschieden den Charakter einer Ausscheidung an sich tragen.

Dies sind die *Cuticularbildungen.* Gewöhnlich werden sie zusammenhängend wie ein Secret von neben einander geordneten Zellen geliefert, das ursprünglich flüssig ist, sogleich nach der Abscheidung aber zu homogenen oder fasrigen, meist flächenhaft ausgebreiteten Häutchen erstarrt, die einer continuirlichen Verbindung der von benachbarten Zellen gelieferten Massen unter einander ihre membranartige Beschaffenheit verdanken. Anfänglich sehr weich, werden sie unter Umständen zu äusserst resistenten, festen, öfters elastischen Bildungen, die eine wichtige Rolle durch Trennung und Begrenzung verschiedener Zellengruppen von einander oder gegen benachbarte Organe oder Höhlen erhalten und sich daher am Aufbau der Organe wesentlich betheiligen. In anderen Fällen haben die Cuticularbildungen den Charakter von netzförmig durchbrochenen Membranen, deren Maschen den ursprünglichen Zellengrenzen entsprechen. In noch anderen Fällen bilden die Ausscheidungen kürzere oder längere Fortsätze, Buckel und Haare, die isolirt oder in Gruppen den einzelnen Zellen ansitzen.

Nicht jede Bildung von Platten, Fasern, Membranen und Fasernetzen ist auf Ausscheidung von Seiten zugehöriger Zellen zurückzuführen. Manche dieser morphologischen Anordnungen, die für den Aufbau der Organe unentbehrlich erscheinen, sind aus Zellen-Aggregaten zusammengefügt, bestehen also aus platten polygonalen oder sternförmigen Zellen und sehr lange Zellenausläufer können als Fasern auftreten (S. 14). Die Details darüber finden sich bei den einzelnen Systemen des Körpers, deren Kenntniss überhaupt für das volle Verständniss der Eigenschaften, Modificationen und Leistungen der verschiedenen Zellen unumgänglich ist. Stets ist daran festzuhalten, dass ein formloses contractiles Protoplasma-Gebilde — der Autoblast — durch fortgesetzte Theilung und Differenzirung den Ausgangspunkt bildet für so unendliche Mannigfaltigkeit der Formen, wie sie der Bau entwickelter Organismen und besonders der Leib des erwachsenen Menschen wahrnehmen lässt.

Epithelien und Endothelien.

Epithel bezeichnet ursprünglich ein feines Oberhäutchen, welches sich von den darunter liegenden Membranen, Häuten und Papillen oder Hervorragungen der letztern abheben lässt. Dasselbe ist stets gefässlos und erhält seine Ernährungszufuhr von den darunter liegenden Theilen. Manche Epithelien besitzen Nervenfasern und eine Anzahl derselben werden als Nerven-Epithelien besonders unterschieden.

Alles Epithel besteht aus Zellen, die *Epithelialzellen* oder Epithelien schlichtweg heissen. Das Epithel ist entweder einschichtig, besteht nur aus einer flächenhaften Lage von Zellen, die Pigment enthalten können; oder mehrschichtig, aus zwei oder mehreren Zellenlagen zusammengesetzt. Die Epithelien überziehen alle entweder gegen die Aussenwelt gerichteten oder solche Hohlräume auskleidenden Häute, welche mit der letzteren durch die natürlichen Körperöffnungen frei communiciren. Ausser diesen gibt es noch Epithelien, die im erwachsenen Zustande zwar geschlossene Höhlen inwendig decken, während jedoch die Ueberzüge der letzteren in embryonalen Entwicklungsperioden mit irgend welchen anderen Epithelien in continuirlichem Zusammenhange standen. Sämmtliche Epithelien stammen nämlich vom oberen Keimblatt oder Hornblatt und unterem Keimblatt oder Drüsenblatt des Fötus ab, welche zusammen als Archiblast (Hauptkeim) von Einigen bezeichnet werden. Andere, fast immer einschichtige Zellenlagen heissen *Endothelien*, wenn sie nicht aus dem Archiblast hervorgegangen sind und wenn sie Hohlräume im Körper auskleiden, die nicht mit der Aussenwelt in offenem Zusammenhange stehen. Die Endothelien gehen aus dem mittleren Keimblatt (Parablast, Nebenkeim) des Fötus ausschliesslich hervor.

Sowohl die Endothelien wie die Epithelien, mögen letztere einschichtig oder mehrschichtig sein, erhalten nach den verschiedenen Formen derjenigen Zellen, welche die oberflächlichste Zellenlage aufzeigt, besondere Bezeichnungen. Solche Unterabtheilungen heissen Platten-, Cylinder-, Flimmer-Epithel. Eine vierte pyramidenförmige Art von Epithelialzellen kommt in Drüsen vor, welche letztere ebenfalls der Regel nach Epithel enthalten. Mit Rücksicht auf das Gesagte ergeben sich folgende Eintheilungen:

A. Epithelien.

- I. Epithelien der Häute.
  - 1. *Platten-Epithel.*
    - a. Mehrschichtiges Platten-Epithel.
    - b. Einschichtiges Platten-Epithel.
    - c. Pigmentirtes Platten-Epithel.
  - 2. *Cylinder-Epithel.*
  - 3. *Flimmer-Epithel.*
    - a. Flimmerndes Cylinder-Epithel.
    - b. Flimmerndes Platten-Epithel.
- II. Drüsen-Epithel.
- III. Nerven-Epithel.

B. Endothelien.

Epithelien.

Epithelien der Häute.

Platten-Epithel.

Mehrschichtiges Platten-Epithel. Solches bekleidet die äussere Haut, die Cornea, die Schleimhäute des Auges, d. h. der Conjunctiva und Thränenkanälchen, der Mundhöhle, des Pharynx und Kehlkopfes zum Theil, des Oesophagus, die der Harnorgane, der Scheide und der weiblichen, sowie des vordersten Theiles der männlichen Harnröhre. Am bequemsten ist dasselbe an der Hornhaut des Auges zu untersuchen und die Schilderung des Befundes an diesem Orte geht hier als Grundlage voraus.

Das **vordere Epithel der Cornea** besteht in seiner untersten Schicht aus einer einfachen Lage im Allgemeinen cylindrischer Zellen, welche mit ihrem Längsdurchmesser senkrecht auf der Oberfläche der Cornea stehen. Dieselben haben einen *Protoplasmafuss* oder Fussplatte, Basis der Zelle, d. h. ihr festsitzendes Ende ist verbreitert, unregelmässig polygonal; die Basis des Cylinders ist mit sehr feinen Zacken und Kerben versehen, durch welche dasselbe in correspondirende Vertiefungen der darunter liegenden Begrenzungshaut der Cornea eingezahnt ist. Manche Fussplatten sind ausserordentlich dünn, scheinbar homogen; sie bleiben bei Anwendung der meisten Tinctionsmittel ungefärbt. Durch die beschriebene *Verzahnung* (Fig. 8 *m*) wird die Fixirung der Epithelzellen auf dem bindegewebigen Substrat bewerkstelligt und alle solche festsitzenden Zellen auf Häuten werden *Basalzellen* genannt; gelöst wird der Zusammenhang nach dem Tode durch Maceration in der Thränenflüssigkeit, ferner in Wasser, in indifferenten Flüssigkeiten, durch Säuren, Alkalien oder Salzlösungen, welche je nach ihrer Concentration die Zähne der Fussplatte entweder aufquellen lassen oder sie ganz zerstören, oder sie durch Wasserentziehung schrumpfen machen und verkleinern, so dass sie in die Kerben des Substrats nicht mehr passen. Letzteres ist namentlich beim Einlegen in concentrirte Lösung von doppeltchromsaurem Kali der Fall.

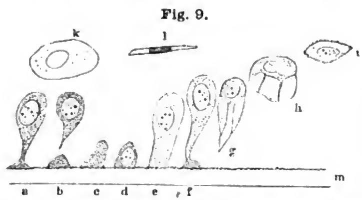
Fig. 8.

Platten-Epithel der Vorderfläche der Cornea, frisch in 0,5 % Osmiumsäure, senkrechter Durchschnitt nach 24 Stunden angefertigt. V. 1000/600. *m* Membrana anterior, deren vorderer gegen das Epithel gewandter Saum gezähnelt ist. *a* unterste Lage von meistens cylindrischen Zellen. *b* Protoplasmafuss einer solchen, die sich abzulösen beginnt. *c* Autoblast von niedrig kegelförmiger Gestalt. *d* Zelle der zweiten Lage, inwendig ausgehöhlt zur Aufnahme des Kopfes einer Zelle der untersten Lage, daher durchscheinend; die Aussenfläche der Zelle zeigt drei Längsflächen und zwei Längskanten. *e* Oberflächliche Lagen abgeplatteter Zellen. *f* Aus glänzenden Körnchen bestehendes auffallendes Körperchen, welches die Stelle eines Kerns der Cylinderzelle einnimmt.

Nicht alle Epithelien der untersten Lage sind cylindrisch, im Gegentheil weichen die meisten in ganz bestimmtem Sinne von dieser Grundform ab. Es finden sich zunächst solche, auf deren dünner, für sich einen sehr niedrigen Kegel bildenden Fussplatte ein längerer Stiel aufgesetzt ist, der in einen bauchigen, an seinem oberen Ende convex abgerundeten Zellenkörper übergeht. Dies sind die ältesten Zellen der untersten Lage, sie lösen sich von der Fussplatte, indem der dünne, aus Protoplasma bestehende Stiel zerreisst, und die Fussplatte mit einem kleinen, ebenfalls einen niedrigen Kegel bildenden Protoplasmaklümpchen zurückbleibt. Während die ganze Zelle ursprünglich einen mit ovalem Kern versehenen Oikoblasten darstellt, hat sie sich nun in einen solchen, nach oben convexen, nach unten spitz auslaufenden, an den Seiten cannellirten, also auf seinem Querschnitt polygonalen, im Ganzen

birnförmigen abgelösten Oikoblasten und in einen sitzengebliebenen kernlosen Autoblasten (Fig. 9 *b*) getheilt. Es handelt sich also um Zellentheilung ohne Kerntheilung (S. 16) und dieser Vorgang bildet das Fundament für die Zellen-Reproduction, welche an allen Epithelien fortwährend stattfindet.

Fig. 9.



Zellen des Platten-Epithels von der Vorderfläche einer Cornea, die frisch in eine concentrirte wässrige Lösung von Kali bichromicum gelegt wurde; nach mehreren Tagen die Zellen isolirt, die der untersten Schicht zum Theil noch in situ. Zusammenstellung schematisch. V. 1000/600. *a* Zelle der untersten Lage im Begriff sich von ihrer Fussplatte zu trennen. *b* Autoblast, darüber die abgelöste birnförmige Zelle. *c* Herangewachsener Autoblast, einen höheren Kegel als *b* darstellend. *d* Ein ähnlicher mit Kern. *e* Weiteres Wachsthum, Cylinderform der Zelle. *f* Keulenförmige Zelle mit gesondertem Protoplasmafuss. *g* Abgelöste Zelle, deren Wandung Cannelirung zeigt, nämlich drei Längsflächen und zwei Längskanten. *h* Zelle der zweiten Lage, ebenso cannelirt. *i* Zelle der dritten Lage isolirt, am Rande gezähnelt. *k* Zelle der oberflächlichen Lagen von der Fläche. *l* Dieselbe von der Kante. *m* Membrana anterior elastica, an ihrem vorderen Rande gezähnelt.

Der *Autoblast,* dessen Fussplatte ganz unbetheiligt bleibt, besteht aus feinkörnigem Protoplasma. Derselbe nimmt rasch wachsend an Masse zu, zugleich einen immer höheren Kegel darstellend, in welchem bald auf noch unbekannte Art ein kleiner kugliger, ein hohles Bläschen darstellender Kern sich bildet, der wie das ihn umgebende Protoplasma rasch an Grösse zunimmt. Der Autoblast ist zu einem Protoblasten geworden, dessen Protoplasma sich zwischen die umgebenden Zellen eindrängt.

Der *kegelförmige Protoblast* verlängert sich in der Richtung senkrecht auf die Oberfläche. Er nimmt eine regelmässig cylindrische Gestalt an, mit convexem freien Ende. Das Protoplasma scheidet sich in einen im festen Aggregatzustande befindlichen Bestandtheil, der ein bei mindestens 800facher Vergrösserung und Maceration in sehr verdünnten Chromsäure-Lösungen oder in molybdänsaurem Ammoniak leicht längsfasriges Stroma darstellt und in ein dem letzteren eingelagertes feinkörniges Protoplasma. Der Kern wird länglich eiförmig, mit seinem Längsdurchmesser senkrecht auf die Oberfläche des Substrats gestellt. Einige Kerne zeigen eigenthümlich grobkörnige Bildungen in ihrer Kernflüssigkeit (Fig. 8 *f*), deren Körnchen nicht aus Fett bestehen. Der Protoblast ist zu einem annähernd cylindrischen Oikoblast geworden.

Die Bedeutung der grobkörnigen Körperchen, die von W. Krause (1870) zuerst beschrieben wurden, ist vollkommen unbekannt. Sie persistiren in den meisten Reagentien (S. Auge).

Durch gegenseitige Abplattung erhalten die *cylindrischen Oikoblasten* fast ebene Begrenzungsflächen, der bisher runde Querschnitt ihres Zellenkörpers wird polygonal. Die Kanten sind mit feinsten Zähnchen versehen, wie sie die Basis besitzt, und so wie diese dadurch in die Begrenzungshaut der Cornea eingezahnt ist, werden durch Ineinandergreifen der Spitzen benachbarter Zellen Verzahnungen derselben unter einander bewirkt. Der Kern wird deutlich doppeltcontourirt, das obere freie Zellen-Ende verdickt sich kolbenförmig. Der cylindrische Oikoblast ist keulenförmig geworden.

Mehr und mehr wächst dieser *keulenförmige Oikoblast* in die Länge, die Verbindung mit der Basis zieht sich in einen dünnen protoplasmatischen Stiel aus, der noch mit der einen niedrigen Kegel darstellenden Fussplatte in Verbindung steht. Endlich reisst dieser durch, der keulenförmige, kernhaltige Zellenkörper löst sich ab, der Protoplasmafuss bleibt sitzen. Der Kreislauf ist vollendet: aus dem keulenförmigen Oikoblasten sind zwei Zellen geworden, eine freie *birnförmige* und ein flach kegelförmiger Protoblast, mit welchem letztern derselbe Process stets von Neuem vor sich geht.

Die abgelöste, birnförmige, an den Seitenflächen cannellirte Zelle verkürzt sich in der Richtung ihres Längsdurchmessers. Sie rückt jetzt in die zweite Lage des Epithels, und in ihr unteres weiches protoplasmatisches Ende drängt sich die convexe Oberfläche einer nächstliegenden Basalzelle. Der untere Theil wird dadurch hohl, er wird von mehreren scharfen Rippen und dazwischen ausgespannten dünnen flügelartigen, nur aus Stroma bestehenden Membranen gebildet. Die birnförmige Zelle ist zu einer *flügelförmigen* (Fig. 9 *g*) geworden.

Weiter aufwärts d. h. nach der Oberfläche des Epithels rückend nimmt die Zelle unter Wasserverlust, Ausbildung von *Zähnchen* an allen ihren Kanten, sowie *Riffen* auf allen ihren Flächen, eine polyedrische, als *polygonal* bezeichnete Form an. Sie ist mit ihren Nachbarn sehr fest verzahnt, ihr Kern schrumpft unter Wasserverlust und spiegelt

Theilungsformen vor. Niemals aber kommen Zellen mit zwei Kernen zur Beobachtung. Die flügelförmige Zelle ist zu einer abgeplattet polygonalen geworden.

Indem sie weiter nach oben in die dritte und vierte Zellenschicht gelangt, wird ihre Abplattung immer stärker, ebenso die des Kerns. Das Protoplasma erstarrt vollständig. Die Ränder der benachbarten Zellen greifen dachziegelförmig übereinander. In der obersten oder der fünften bis siebenten Zellenschicht sind die Zellen ganz platt, ihr Querschnitt linear (Fig. 9 *l*). Der Kern ist zu einem platten ovalen Hohlraum, dem *Kernraum*, geworden, die Kernmembran nicht mehr nachweisbar, sie ist unzertrennbar mit der begrenzenden Wand des Stroma verschmolzen. In verdünnten Säuren oder Alkalien quellen die Zellen auf, auch der Hohlraum wird ein wenig bauchiger. Die polygonale Zelle ist verhornt. Diese Hornzellen enthalten keine Spur von Protoplasma mehr; die Zähnelung ihrer Kanten verstreicht, ebenso sind die Riffe ihrer Flächen durch den Wasserverlust verloren gegangen. Endlich lösen sich die oberflächlichen Zellen ab, gelangen in die Flüssigkeit, welche die Epitheloberfläche überzieht und werden von dieser fortgespült.

Alle erwähnten Formänderungen von der untersten bis zur oberflächlichsten Schicht sind leicht erklärbar. Das Wachsthum in der Richtung von unten nach oben, senkrecht zur Ebene des Epithels, treibt die Zellen aufwärts, löst sie von ihrer Unterlage. Dieses Wachsthum beruht auf Assimilirung von Eiweisskörpern, die von der Ernährungsflüssigkeit der Cornea geliefert werden. Was davon sich nicht verbraucht, gerinnt oder trocknet zu einem die Zwischenräume zwischen den Zähnchen der Zellen ausfüllenden *Gewebskitt* zusammen. Derselbe vermag Silber- und Goldsalze zu reduciren: deshalb färben sich die Zellengrenzen schwarz durch eine niedergeschlagene Verbindung von Silber oder Gold mit Eiweiss. (Diese Färbung tritt erst bei intensiverer Einwirkung des Silbersalzes und nachfolgender Belichtung auf; sie ist nicht zu verwechseln mit den Silberlinien, die an der Oberfläche von Zellenlagen, Endothelien etc. entstehen und bei letzteren genauer erörtert werden.) Auch die Zellenkörper können bei Ueberschuss des Reagens dadurch tingirt werden; mit Gold färben sich namentlich die eingeschnürten, eckigen Kerne der untersten Lage blau.

Erzeugt man am lebenden Gewebe Niederschläge von Metallsalzen (z. B. Berlinerblau, Leber, 1874; oder durch Indigo, Thoma, 1875, an der Froschzunge), so entstehen ähnliche farbige Bilder der Zellengrenzen wie mit Silber.

Während des Aufwärtswachsens bewirkt wegen der Raumbeschränkung d. h. wegen des Bestrebens der Zellen, auch in die Breite zu wachsen, der gegenseitige Druck die cannellirten Oberflächen der cylindrischen, keulen- und birnförmigen Zellen, sowie die polygonalen Formen der oberen Schichten. Der Wasserverlust beruht auf Verdunstung in die atmosphärische Luft und diesen Verlust vermag die nur von unten her zutretende Ernährungsflüssigkeit um so weniger zu ersetzen, durch je mehr saftarme oder ganz trockene Zellenlagen sie passiren müsste. Deshalb sterben die oberflächlichen Zellen schliesslich ab und werden fortgeschwemmt.

Der Zusammenhang der in einander verzahnten Zellen wird durch verschiedene Mittel aufgehoben. Concentrirte Lösung von doppeltchromsaurem Kali macht durch Wasser-Entziehung die Zellen und ihre Zähnchen schrumpfen, so dass die Verzahnung mechanisch durch Zerfasern, Strömungen in der Untersuchungsflüssigkeit leicht zu lösen ist. Maceration in der Thränenflüssigkeit an der Leiche, Maceration in indifferenten Zusatzflüssigkeiten, namentlich molybdänsaurem Ammoniak, verflüssigt nicht nur den klebrigen Gewebskitt, sondern zerstört auch die Zähnchen nach und nach. Letztere quellen in Säuren und Alkalien; wenn deren Concentration so gewählt wird (3 % Essigsäure, concentrirte Oxalsäure, 33 %ige Kali- oder Natronlösung), dass die Zellenkörper nicht gleichzeitig oder doch nicht erheblich aufquellen, so lösen diese Reagentien durch Abrundung der gequollenen Zähnchen und Riffe ebenfalls die Verzahnung.

Bei aller Reproduction des Epithels bleibt die Basis der Zellen der untersten Lage stets unverändert in das unterliegende Substrat eingezahnt. Diese Basis oder die Fussplatten stellen demnach eine *permanente Lage* dar, die zum Unterschiede von den übrigen *transitorischen Zellenlagen* das ganze Leben hindurch dieselbe bleibt. Nur die Molecüle der betreffenden Autoblasten werden bei dem fortwährenden Wachsthum und erneuerter Zellentheilung stets durch neue ersetzt.

Eine Zeit lang wurde die ganze Schicht der Basalzellen für permanent gehalten (W. Krause, 1870). Andere liessen die Erneuerung von der zweiten und dritten Zellenlage nach oben und unten vor sich gehen. Zu dieser Auffassung verleiteten die damals allgemein als Theilungsformen gedeuteten geschrumpften Kerne dieser Schichten, die um so auffälliger hervortreten, weil die Kerne zugleich abgeplattet sind. Bei kleineren Thieren sind weniger Zellenlagen vorhanden, als bei grösseren und beim Menschen; der Frosch hat nur vier Zellenlagen und die äusserste derselben zeigt die erwähnten Kernformen (Engelmann, 1866): man konnte also behaupten: der Frosch habe nur Eine transitorische Zellenlage. Durch v. Recklinghausen mit Zielonko (1874) wurde experimentell festgestellt, dass an der Frosch-Cornea die Fähigkeit, Epithelialzellen zu produciren, nur den untersten Zellenlagen zukommt.

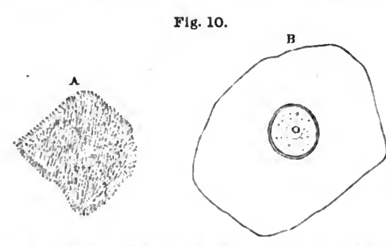
In den von Intercellularflüssigkeit, resp. klebrigem Gewebskitt ausgefüllten Interstitien der unteren Zellenlagen bewegen sich Leukoblasten, Wanderzellen, die mit der Ernährungs-

flüssigkeit einwandern. Dieselben bleiben zwischen den genannten Zellen irgendwo sitzen und gehen unter grobkörnigem Zerfall ihres Protoplasma zu Grunde. Mit der Zellen-Reproduction stehen sie in keiner Beziehung.

Ausserdem finden sich in den Zelleninterstitien sämmtlicher Zellenlagen zahlreiche Nervenfasern (S. Nervensystem).

Die geschilderten Verhältnisse, die nur an der Cornea bequem und leicht zu beobachten sind, kehren im Wesentlichen an allen geschichteten Platten-Epithelien wieder. Ueberall sind die Basalzellen länglich, ihre Kerne eiförmig, mit dem Längsdurchmesser senkrecht zur Oberfläche des Substrats gestellt. Die Basis ist stets eingezahnt, ebenso besitzen die mittleren Lagen Riffe und Zähnchen (Fig. 10 *A*), durch die sie, wie wenn man zwei Bürsten auf einander presst, in einander greifen. Solche Zellen werden daher *Riffzellen* oder *Stachelzellen* genannt. Die Zahl der mittleren Lagen und noch mehr die der Hornzellen ist aber meistens eine weit bedeutendere, als an der Cornea. An der äusseren Haut verlieren die mehr oder weniger massenhaft über einander geschichteten oberflächlichen Zellen ihren Kern ganz und gar, so dass derselbe durch kein Mittel mehr sichtbar zu machen ist; ihre Substanz besteht aus Hornstoff oder Keratin, ihre Resistenz gegen Säuren, Alkalien ist sehr bedeutend, sie bleiben fast in allen microchemischen Reagentien unverändert. Diese platten polygonalen Epidermisschichten werden *Hornzellen* (S. Haut) genannt.

Fig. 10.



Zwei Platten-Epithelialzellen der tieferen Schicht der Mundschleimhaut. V. 1000. *A* Mit Wasser; Riffzelle, mit Stacheln am Rande und auf der Oberfläche. *B* Etwas grössere Zelle, mit Essigsäure; der Kern ist von einer doppeltcontourirten Membran umgeben, das Kernkörperchen wird von einem Hofe feinster Pünktchen umringt.

Ihre chemische Uebereinstimmung mit den Bestandtheilen der Haare, Nägel, ferner der Klauen, Hufe und Hörner bei Thieren, auch mancher Zähne, z. B. bei Amphibien, hat Veranlassung gegeben, die obere Schicht der äusseren Haut als Hornschicht und die genannten Hautanhänge als *Horngebilde* zu bezeichnen, da sie sämmtlich aus verhornten Epithelialzellen bestehen.

Mit Ausnahme des Cornea-Epithels enthalten die Platten-Epithelien keine Nerven. Wanderzellen kommen in allen vor; ausserdem in manchen sternförmige Zellen oder solche mit kugligem Zellenkörper und vielen Ausläufern, die in Goldchlorid sich schwarz färben (S. Nervenendigungen), und als zu Grunde gehende Wanderzellen zu deuten sind.

Ausserdem finden sich in einigen Platten-Epithelien sternförmige Pigmentzellen (Conjunctiva der Ratte, H. Müller; des Pferdes, Bruch; Epidermis von Reptilien, Amphibien, Knorpelfischen u. a. O.). Die Riffzellen wurden von Schroen (1864) als Zellen mit Porenkanälchen, von M. Schultze (1864) richtig gedeutet.

Die Anordnung der Platten-Epithelien, wie sie an der glatten Hornhautoberfläche so leicht zu übersehen ist, wird complicirter, obgleich im Princip dieselbe bleibend, wenn das Epithel microscopische Unebenheiten, Furchen, Riffe, Papillen der Häute überkleiden muss, wie es meistens mit letzteren der Fall ist. Die unterste Zellenlage besteht aus kleinen Protoblasten, deren in geringer Menge vorhandenes Protoplasma den einfachen, ovalen, mit der Längsaxe senkrecht auf die Oberfläche — nicht die der ganzen Haut, sondern der Papillen, wenn solche vorhanden sind — gestellten Kern eng umschliesst.

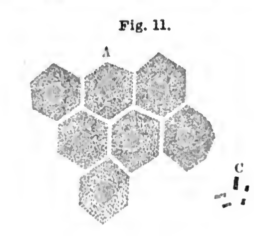
Die an die tiefste Lage angrenzenden Zellenschichten sind ebenfalls kleiner, als im Cornea-Epithel; Flügelzellen nicht zu erkennen; die oberflächlichen Lagen verhalten sich wie im letzteren (S. Schleimhäute).

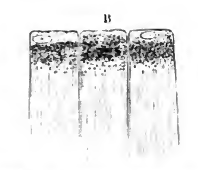
Das Epithel der Harnwege zeigt sehr unregelmässige Formen. In der tiefsten Schicht finden sich eine oder mehrere Lagen rundlicher oder länglicher Zellen, dann folgt eine Schicht cylindrischer, an ihrem oberen verdickten Ende convex abgerundeter Zellen, die mit einem Protoplasmafuss zwischen den tieferen Zellen sich festsetzen. Die Zellen der oberflächlichsten Lage bieten Vertiefungen an ihrer unteren Fläche dar, die durch das Hineinwachsen der convexen Oberfläche Seitens der tieferen Zellen bedingt werden, ähnlich wie bei den Flügelzellen des Cornea-Epithels, und ausserdem senden die ersteren ziemlich lange spitze Fortsätze ab, welche zwischen die benachbarten, sowie die tiefer gelegenen Zellen sich hineinschmiegen. Aehnliche Formationen kommen fast überall vor, wo auf Häuten Platten-Epithel an Cylinder- oder Flimmer-Epithel sich anschliesst, und werden deshalb *Uebergangs-Epithelium* genannt.

Einschichtiges Platten-Epithel findet sich auf Häuten: der Oberfläche der Plexus chorioidei, der hinteren Fläche der vorderen Hälfte der Linsenkapsel, der Säckchen, Bogengänge und Membrana vestibularis im Gehörorgan und der interlobulären Gallengänge. Dasselbe besteht im Allgemeinen aus platten, ziemlich regelmässig polygonalen, meist fünfseitigen Zellen, zwischen denen einzelne vier- und sechsseitige vorkommen; sie enthalten runde, platte Kerne. Auf den Plexus chorioidei kommen auch unregelmässige, mit Ausläufern versehene Formen vor, wie die in der oberflächlichsten Lage des Epithels der Harnwege. Die Befestigung aller dieser Zellen ist analog wie bei den Endothelien (S. unten).

Pigmentirtes Platten-Epithel (Pigment-Epithel) wird in Form von einschichtigen Lagen polygonaler, dicht mit dunkelbraunen Melaninkrystallen gefüllter und daher ganz undurchsichtiger kernhaltiger Pigmentzellen (Fig. 11 *A*) an der Chorioidea und Iris gefunden (S. Auge), welche, von der Fläche gesehen, ein regelmässiges *Mosaik* bilden; ebensolche, nur weniger regelmässige mosaikähnliche Anordnung zeigen, von der Fläche gesehen, alle Epithelien und Endothelien (Fig. 23). Ausserdem enthalten die untersten Zellen des geschichteten Platten-Epithels der äusseren Haut an manchen Stellen gelbliche und bräunliche Farbstoffkörnchen.

Fig. 11.





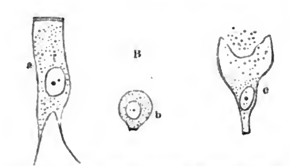
Pigmentzellen des Pigmentblattes der Retina. V. 600. *A* Nach mehrtägigem Einlegen des frischen geöffneten Bulbus in Müller'sche Flüssigkeit. Von der Aussenfläche gesehen; im Centrum jeder sechsseitigen Zelle schimmert ein rundlicher Kern durch. *B* Nach 24stündlichem Einlegen des frisch geöffneten Bulbus in 5 % molybdänsaures Ammoniak. Profilansicht der Zellen mit langen haarförmigen Fortsätzen; die Kerne liegen in dem äusseren, wenig pigmentirten Theil der Zellen. *C* Pigmentkrystalle, isolirt in Wasser, V. 2000.

Cylinder-Epithel.

Im Darmtractus von der Cardia bis zum Anus, den Ausführungsgängen aller in ersteren mündenden Drüsen, ferner der Mammae und Gl. lacrymales,

Cowperi, auf dem Ovarium; in den Samenbläschen, der Prostata; im Vas deferens und der männlichen Urethra zum Theil. Dieses Epithel besteht aus länglichen cylindrischen, resp. annähernd kegelförmigen Zellen: die Basis der betreffenden Kegel bildet die äusserste Oberfläche der Häute, welche sie bekleiden. Von der Fläche gesehen zeigen sie ein enges Mosaik polygonaler Zellennetze, viel enger und unregelmässiger als das der Platten-Epithelien, z. B. der Chorioidea (Fig. 11). Isolirte Zellen sind an ihrem nach unten gerichteten Ende abgerundet, was aber nur die Folge des Abreissens ist. In Wahrheit gehen sie nach unten jede in einen kürzeren oder längeren Faden über, der sich meistens im stumpfen Winkel vom Zellenkörper abbiegt und mit einer der Fussplatte an den untersten Zellen der mehrschichtigen Platten-Epithelien homologen protoplasmatischen Anschwellung, dem Protoplasmafuss, in den Saum der unterliegenden Haut eingezahnt ist. Die freie Oberfläche jeder Cylinderzelle bildet eine verdickte Platte, der *Deckel*, auch wohl Basalsaum genannt, weil man die genannte Fläche als Basis der kegelförmigen Zellen betrachtete, welcher Deckel in der Profilansicht als glänzender Saum erscheint. Letzterer ist in der Längsrichtung der Zelle von feinsten parallelen Linien durchzogen und besteht aus kurzen Stäbchen, die dicht nebeneinander pallisadenartig aufgerichtet sind; wo sie den Zellenkörper berühren, bleiben ebenfalls Lücken zwischen ihnen, und so entstehen Porenkanälchen, welche den Eintritt fester Molecüle in die Zelle gestatten. Die Substanz der letzteren ist längsgestreift bei Anwendung einiger Reagentien: die Zellen stellen längsfasrige Oikoblasten dar (S. 30). Die Streifung am festsitzenden Theil der Zelle ist deutlich in den Gängen der Gl. parotis, submaxillaris, den Drüsen der Regio olfactoria; sie fehlt in den gewöhnlichen Schleimdrüsen. Jede Cylinderzelle enthält einen eiförmigen Kern, dessen Längsaxe mit derjenigen der Zelle zusammenfällt.

Fig. 12.



Cylinder-Epithel vom Ueberzug einer Zotte des Dünndarms, frisch in Müller'sche Flüssigkeit gelegt. *A.* V. 600/150. Die Zellen in ihrer Lage, sie zeigen am freien Rande einen fein quergestreiften Saum; dazwischen zwei bauchige helle Becherzellen, der Basalfortsatz der einen ist rechtwinklig umgebogen, parallel der Basalmembran, auf welcher sie aufsitzen. *B.* V. 1000/600. Isolirte Zellen in 1 % Osmiumsäure. *a* Cylinderzelle mit zwei Fortsätzen, die freie Fläche ist mit kurzen starren Stäbchen besetzt. *b* Ersatzzelle der untersten Schicht, deren nach unten gerichteter Protoplasmafuss gezähnelt ist. *c* geplatzte halbzerstörte Becherzelle, aus welcher Körnchen austreten.

Zwischen diesen sog. cylindrischen Zellen, die also eigentlich mehrseitige Pyramiden mit langen gebogenen Spitzen darstellen, stehen sparsamere Entwicklungs-, reichlichere Rückbildungsstufen. Als erstere präsentiren sich kürzere Zellen, *Ersatzzellen*, auch wohl Basalzellen genannt, die nicht bis zur Oberfläche reichen, entweder einen rundlichen Protoplasmaleib und ebenso geformten Kern besitzen, oder nach oben zugespitzt endigen, während sie nach unten hin in einen Faden übergehen, wie es die Cylinderzellen thun. Im letzteren Falle erscheinen sie nach Abreissen des Basalfortsatzes spindelförmig. Oft in regelmässigen Abständen finden sich zwischen den letzteren ferner *Becherzellen* (Fig. 12 *A*). Deren Zellenkörper ist mehr bauchig (sog. Theca), ihre Substanz homogen, colloid, nach oben sind sie theils mit dem analogen quergestreiften Saum versehen, theils offen, geplatzt, wobei ihr colloider

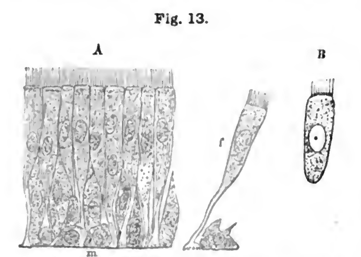
Inhalt nebst dem Kern zur Vermehrung des Schleimes beiträgt, welcher die betreffenden Häute überdeckt. Manchmal enthalten sie zwei Kerne, und es scheint, dass sie nach dem Zusammenfallen zur Form jener rundlichen Protoblasten (Fig. 12 *B b*) zurückkehren, die, wie gesagt, als Entwicklungsstufen zwischen den cylindrischen Zellen vorkommen; andere Becherzellen haben einen grobkörnigen Inhalt.

Flimmer-Epithel.

Flimmerndes Cylinder-Epithel. In der Nasenhöhle, im Sinus maxillaris, Thränenkanal und Thränensack, oberen Theil des Pharynx, Tuba Eustachii, Kehlkopf, Luftröhre und grösseren Bronchien. Niedriger als an diesen Orten ist dasselbe Epithel im Centralkanal des Rückenmarks etc., den Nebenhöhlen der Nase, den feineren Bronchien, im Uterus, den Tuben, den Fimbrien z. Th., in den Kanälen des Parovarium und Nebenhodens, sowie im Ovarium masculinum an letzterem. Die Formen dieses Epithels wiederholen genau die beschriebenen des gewöhnlichen Cylinder-Epithels. Die Zellen stehen mit ihrer Längsaxe senkrecht auf der Schleimhaut, sie haben einen Protoplasmafuss, der mit dem Zellenkörper bei den erstgenannten, mehr in die Länge gezogenen Flimmer-Epithelien durch ein längeres, dünneres Zwischenstück verbunden ist, welches den niedrigeren Formen meistens fehlt. Zwischen den ersteren Zellen stehen Ersatzzellen, die sich auf längeren Stielen von der Schleimhaut erheben; bei den niedrigeren Flimmer-Epithelien sind es einfache rundliche Protoblasten mit Protoplasmafuss.

Zum Unterschiede von den Cylinderzellen besitzen die *Flimmerzellen* anstatt des aus Stäbchen bestehenden Saumes an ihren freien Enden einen Wald von beweglichen Häärchen, *Flimmerhaaren* (Fig. 13), Flimmercilien, Wimperhaare, Cilien, welche in fortwährend schwingender Bewegung sind. Ein heller Saum trennt die als dunkle Linie erscheinende Membran, auf welcher die Haare stehen, deren 10—25 an jeder Zelle, etwas dichter gedrängt in der Randzone, sich finden, von dem Zellenkörper. Letzterer besteht aus längsfasrigem Stroma und körnigem Protoplasma, mit einem längsgerichteten ellipsoidischen Kern; einige Zellen enthalten zwei Kerne, einen oberen und unteren, welcher Befund als einer Zellentheilung entsprechend angesehen wird.

Fig. 13.



V. 450. *A.* Flimmer-Epithel der Luftröhre, frisch in Müller'sche Flüssigkeit gelegt, senkrechter Durchschnitt. *f* Isolirte Flimmerzelle, daneben eine Ersatzzelle. *m* Gezähnelter Grenzsaum der Basalmembran. *B.* In Serum isolirte Flimmerzelle, eben daher, frisch; der Protoplasmafuss ist abgerissen, die Zelle ein wenig gequollen.

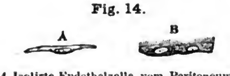
Die Streifen des Zellenkörpers sind als contractil und die bewegende Kraft der Flimmerhaare enthaltend aufgefasst worden. Es ist jedoch sicher, dass die Substanz der Cilien selbst contractil ist, und sich partiell zusammenzuziehen vermag. Die Cilien haben meist 0,0035—0,005, seltener bis zu 0,03 Länge, ihre Basis ist etwas dicker, die Spitze etwas dünner als das Mittelstück. (Bei niederen Thieren, Amphibien, namentlich aber Muscheln

kommen längere Cilien vor.) Sie schwingen stets in derselben Richtung auf und nieder; bei voller Integrität erscheint die Bewegung als eine Welle, welche mit grosser Schnelligkeit das Haar seiner Länge nach durchläuft, und etwa doppelt so lang ist, als dieses selbst; unter diesen Umständen nimmt man nur ein Flimmern wahr, wie das Rieseln eines Baches im Sonnenschein. Bei etwas verlangsamter Bewegung neigen sich die Cilien und beugen sich, wie die Aehren eines Kornfeldes im Winde; die erzeugte Strömung geht aus der Tiefe der Körperhöhlen nach deren Mündung: entgegengesetzt der Richtung, nach welcher sich die Cilien neigen, im Allgemeinen parallel der Längsaxe von Kanälen, deren Innenwand mit Flimmer-Epithel ausgekleidet ist. Indem die Cilien sich beugen, was etwas länger dauert, als das nur durch die Elasticität der Häärchen bedingte Wiederaufrichten, neigt die Spitze jeder Cilie sich auf ihre Nachbarin, ohne Flüssigkeitstheilchen in Bewegung zu setzen. Beim Wiederaufrichten aber wird die Spitze jeder Cilie frei, schlägt, wie das Ende eines Ruders, kräftig auf die benachbarten Theilchen und ertheilt denselben, mögen es nun Wasser, Schleim oder feste Molecüle, selbst abgestossene Zellen sein, Bewegungen, welche jene weiter und nach aussen befördern.

Die Zahl der Schwingungen beträgt 3—5 in der Secunde (C. Krause, 1841; beim Frosch etwa 12 nach Engelmann, 1867); diese Bewegung dauert an abgelösten Zellen anfangs fort, ebenso oft längere Zeit (bis zu 13 Tagen) nach dem Tode. Blutgehalt der unterliegenden Schleimhaut conservirt die Bewegung, ebenso erhält sie sich in indifferenten Medien bei Zusatz von Narcoticis und in reinem Sauerstoff. Temperatur-Erhöhung, electrische Ströme regen sie an; Ammoniak-, Kali- und Natron-Lösungen, auch Säuren — je nach den verschiedenen Umständen (z. B. durch Neutralisation) — vermögen, in hinlänglicher Verdünnung angewendet, die erloschene Bewegung auf kurze Zeit wieder herzustellen. Sehr verdünnte alkalische Lösungen regen sie an (Virchow, 1854); während selbst sehr verdünnte Säuren feindlich wirken. Ebenso wird sie durch weniger stark verdünnte Alkalien, Säuren, ferner durch Alkohol, Galle, concentrirtere Salzlösungen, Entziehung des Sauerstoffs, starke electrische Schläge und Wechselströme zum Stillstand gebracht. Auch Kohlensäure, kohlensäurehaltige Gasgemenge und Dämpfe von kohlensaurem Ammoniak bewirken Stillstand, nicht aber, wenn erstere vorher durch doppeltkohlensaures Ammoniak geleitet wurde (Kühne, 1866). Conservirend ist 1 %ige Kochsalz-Lösung (Kölliker, 1855, Froschzunge).

Bei niederen Wirbelthieren (wie bei Wirbellosen) kommen Flimmerzellen mit einer einzigen Cilie vor: im Hals des gewundenen Harnkanälchens bei Schlangen (Busch, 1855) und im Gehörorgan von Cyclostomen (Ecker, 1844, 1854).

Fig. 14.



A Isolirte Endothelzelle vom Peritoneum in Serum, auf der Kante stehend. *B* Zwei flimmernde Platten-Epithelzellen aus der Paukenhöhle in Serum. V. 600.

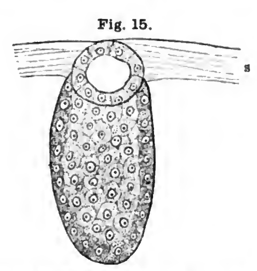
Flimmerndes Platten-Epithel. In der Paukenhöhle an der Innenfläche des Trommelfells und in den Hirnhöhlen. Verhält sich wie ein einfaches Platten-Epithel, dessen Zellen (Fig. 14 *B*) an ihrer freien Oberfläche mit kurzen Flimmerhaaren dicht besetzt sind.

Drüsen-Epithel.

Als Drüsen, Glandulae, werden eine Anzahl von theils macroscopischen, selbst sehr grossen (Leber, Lungen), theils nur microscopisch sichtbaren Organen bezeichnet, deren Gemeinsames nur darin besteht, dass sie bestimmt abgegrenzte Körper darstellen, die in ihrem Innern besondere, mit Zellen und Flüssigkeit gefüllte Hohlräume besitzen. Ein Theil der Drüsen zeigt eine Communication ihrer Hohlräume mit dem Blut- oder Lymphgefässsystem und wird dem letzteren zugerechnet, einige sind weder nach ihrem Bau, noch in ihrer Bedeutung hinreichend erforscht (z. B. das Conarium); die bei weitem zahlreichste Klasse aber dieser Organe, die eigentlichen Drüsen, hat das Gemeinschaftliche, dass ihre Zellen flüssigen Abscheidungen dienen, dass sie secerniren. Als denkbar einfachste Form eines solchen Apparates sind einzellige

Drüsen bekannt, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen, welche sich mittelst eines Ausführungsganges auf einer Haut öffnet. Sie kommen nicht bei höheren Thieren vor. Die Drüsen der letzteren bestehen stets aus Zellenlagen, Drüsen-Epithelien, welche Drüsenhohlräume inwendig auskleiden, deren Form kuglig oder cylindrisch ist; sie entstehen als Einstülpungen oder partielle Wucherungen des Epithels der zugehörigen Häute, auf welchen sich im erwachsenen Zustande die Ausführungsgänge der Drüsen, Ductus excretorii, zu öffnen pflegen. Einige haben jedoch keinen Ausführungsgang; die meisten besitzen ein mit flüssigem Secret gefülltes Lumen innerhalb des Drüsen-Epithels; dasselbe kann jedoch auch ganz von Zellen etc. eingenommen sein. Manche Drüsen, die später ein Lumen besitzen, haben ein solches bei ihrer ersten embryonalen Anlage noch nicht: sie stellen Zellenstränge dar, die in die Tiefe wuchern. Bleibt die Drüse im Ganzen auf dieser ursprünglichen Stufe einer eingestülpten Zellenmasse stehen, während sich zugleich später ein Lumen ausbildet, so entsteht die Form der einfachen *Crypte*, Schleimbalg (Fig. 15). Beim Menschen nur einzeln im vorderen Theile der Paukenhöhle und im Fundus der Harnblase vorkommend, finden sich solche bei Thieren häufiger, namentlich in der Conjunctiva bulbi des Schweines und in der ganzen äussern Haut der Amphibien, z. B. des Frosches (woselbst die grösseren glatte Muskelfasern besitzen).

Fig. 15.



Einfache Schleimdrüse oder Crypte, von Platten-Epithel ausgekleidet, aus dem vorderen Theil der Paukenhöhle, in Serum, auf dem senkrechten Durchschnitt. *s* Oberfläche der Schleimhaut, das Epithel der letzteren ist nicht gezeichnet; die rundliche Ausführungsmündung zeigt ein rundes helles Lumen. V. 350.

Die Zellen der Drüsenhohlräume mit Ausschluss derjenigen der Ausführungsgänge werden als secernirende Drüsenzellen oder *Drüsenzellen* schlichtweg bezeichnet.

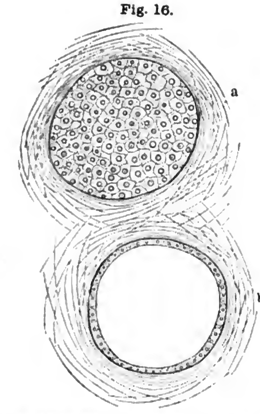
Secundär umgibt sich ein solcher Zellenstrang der Regel nach mit einer besonderen Membran, ***Drüsenmembran, Membrana propria***, Glandilemma (Fig. 18), die früher für structurlos gehalten und als Ausscheidungsproduct der Drüsenzellen angesehen wurde. An manchen dieser Membranen hat sich jedoch eine Zusammenfügung aus platten, polygonalen, kernhaltigen oder kernlosen Schuppen nachweisen lassen, die den Werth von permanenten Zellen haben. Die Kerne sind abgeplattet oval, erscheinen in der Profilansicht spindelförmig der Membran aussen angelagert. Die Membranae propriae sind resistent gegen Natron und Essigsäure sowie die meisten sonst angewendeten Reagentien; sie verhalten sich in dieser Hinsicht wie Hornzellen oder elastisches Gewebe (S. Bindegewebe); sind übrigens stickstoffhaltig und färben sich gelb mit Jod. Nach der Form der Hohlräume, welche von diesen Membranen, die an ihrer Innenfläche das Drüsen-Epithel tragen, gebildet werden, unterscheidet man:

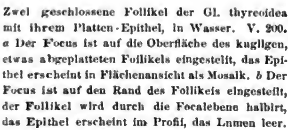
1. Drüsen mit geschlossenen rundlichen Hohlräumen: Gl. thyreoidea, vorderer Lappen der Hypophysis, Rindensubstanz der Nebennieren.

2. Drüsen mit geschlossenen, aber schliesslich berstenden Hohlräumen: Ovarium.

3. Acinöse Drüsen, die auch traubenförmige, maulbeerförmige, Glandulae acinosae, Gl. moriformes, genannt werden: Talgdrüsen, Meibom'sche Drüsen, Schleimdrüsen, Speicheldrüsen, Brunner'sche Drüsen, Thränendrüsen, Prostata, die männlichen und weiblichen Gl. Cowperi, Mammae, Leber, Lungen.

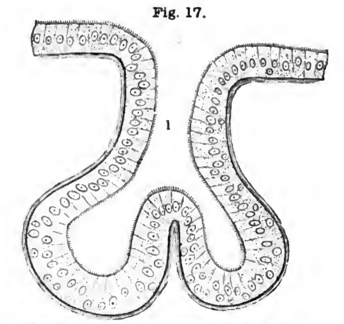
Fig. 16.





Zwei geschlossene Follikel der Gl. thyreoidea mit ihrem Platten-Epithel, in Wasser. V. 200. *a* Der Focus ist auf die Oberfläche des kugligen, etwas abgeplatteten Follikels eingestellt, das Epithel erscheint in Flächenansicht als Mosaik. *b* Der Focus ist auf den Rand des Follikels eingestellt, der Follikel wird durch die Focalebene halbirt, das Epithel erscheint im Profil, das Lumen leer.

Fig. 17.



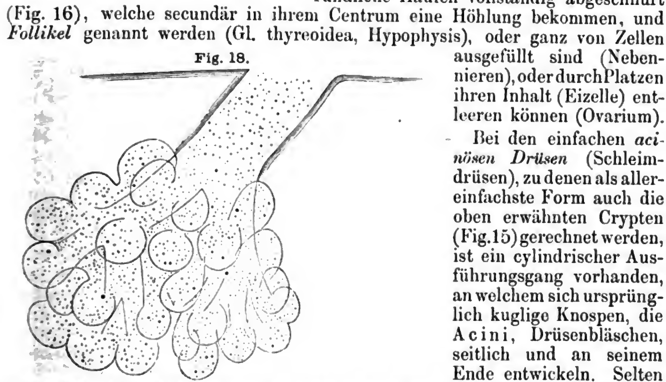
Einfache Schleimdrüse des Cervicalkanales eines jungfräulichen Uterus, aus zwei Acinis bestehend, von cylindrischem Flimmer-Epithel ausgekleidet, auf dem senkrechten Durchschnitt, in Serum. V. 300. *l* Lumen des Ausführungsganges.

4. Röhrenförmige Drüsen, tubulöse Drüsen, Glandulae tubulosae: Magensaft- und Magenschleimdrüsen, Lieberkühn'sche Drüsen, Uterindrüsen, Knaueldrüsen, Nieren, Hoden. (In Betreff d. Leber s. letztere.)

Bei den unter 1 und 2 verzeichneten haben sich von wuchernden Zellenmassen rundliche Haufen vollständig abgeschnürt (Fig. 16), welche secundär in ihrem Centrum eine Höhlung bekommen, und *Follikel* genannt werden (Gl. thyreoidea, Hypophysis), oder ganz von Zellen ausgefüllt sind (Nebennieren), oder durch Platzen ihren Inhalt (Eizelle) entleeren können (Ovarium).

Bei den einfachen *acinösen Drüsen* (Schleimdrüsen), zu denen als allereinfachste Form auch die oben erwähnten Crypten (Fig. 15) gerechnet werden, ist ein cylindrischer Ausführungsgang vorhanden, an welchem sich ursprünglich kuglige Knospen, die Acini, Drüsenbläschen, seitlich und an seinem Ende entwickeln. Selten sind nur zwei (Fig. 17) oder wenige Acini vorhanden; gewöhnlich eine Gruppe von solchen, an

Fig. 18.

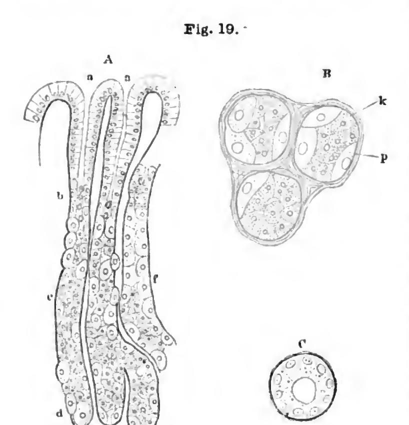


Acinöse Drüse der Uebergangs-Conjunctiva des oberen Augenlids, mit Natron, auf dem senkrechten Durchschnitt. V. 400/250. Der Ausführungsgang durchbohrt die Schleimhaut in senkrechter Richtung, die Epithelien sind durch das Natron zerstört, die Membrana propria der Acini sehr deutlich.

einem verästelten Drüsenausführungsgang (Fig. 18). Auch diese Drüsen, wie alle übrigen bestehen beim Embryo anfangs aus dichten Zellenhaufen, bekommen secundär durch Verflüssigung ein enges, mit dem des Ausführungsganges communicirendes Lumen.

An diese Formen schliessen sich einerseits die *zusammengesetzten acinösen Drüsen* an, die entweder mehrere Ausführungsgänge besitzen (Thränendrüsen, Milchdrüsen, Prostata, Gl. sublingualis), oder deren grosser Ausführungsgang sich sehr mannigfach verästelt (übrige Speicheldrüsen incl. Pancreas, Gl. Cowperi, Lungen). Diese zusammengesetzten Drüsen bestehen stets aus Drüsenläppchen; in deren *Hilus* tritt der zugehörige Ast vom Ausführungsgange (sowie Blutgefässe, Lymphgefässe, Nerven); jedes Läppchen ist aus einer kleineren oder grösseren Anzahl von feineren Zweigen des Ausführungsganges und den daran sitzenden Acinis zusammengesetzt, wird von einer bindegewebigen Hülle umgeben und durch dieselbe von dem benachbarten Läppchen getrennt. Die Läppchen werden als primäre, secundäre und tertiäre unterschieden. Erstere bestehen aus einer grösseren oder kleineren Anzahl von Acini, die einem einzigen Endast des Drüsen-Ausführungsganges aufsitzen. Die tertiären Läppchen, auch wohl Drüsenkörner genannt, sind die mit freiem Auge unterscheidbaren, z. B. 2 Mm. messenden Abtheilungen, welche z. B. den Speicheldrüsen unter solchen Umständen ihre körnige Beschaffenheit geben. Kleinere Drüsen entsprechen häufig einem einzigen tertiären Läppchen einer grösseren; die etwas umfangreicheren können zwei bis drei von letzteren enthalten. Alle Abtheilungen, die zwischen primären und tertiären Läppchen mitten inne stehen und an absoluter Grösse, nicht aber im Bau unter einander sehr beträchtlich differiren, werden unter dem Ausdruck: secundäre Läppchen zusammengefasst.

Fig. 19.



A Senkrechter Durchschnitt der Schleimhaut aus dem Fundus des Magens. Alkohol, Carmin, Essigsäure, Glycerin. V. 150. *aa* Drüsenmündungen, *b* Drüsenhals, *c* Drüsenkörper, *d* Drüsengrund, *e* Dichotomisch getheiltes, blind geschlossenes Ende. *f* Körper einer Drüse, deren oberes und unteres Ende durch den Schnitt getroffen sind. *B* aus einem horizontalen Schnitt nach derselben Methode. V. 400. Querschnitt vom unteren Ende des Drüsenkörpers. *p* Polygonale Zellen, *k* kegelförmige Zellen; die Lumina sind zackig oder rund. *C* Querschnitt des unteren Endes eines Schlauches einer Pylorusdrüse des Magens. Gefroren. V. 400. Drüsenmembran und Kerne der pyramidenförmigen Zellen. Das Lumen ist rundlich.

Andererseits findet man an den einfachen *röhrenförmigen Drüsen* entweder nur einen gestreckten, wie ein Handschuhfinger blind endigenden (Fig. 19) Schlauch (Lieberkühn'sche Drüsen, Magensaftdrüsen z. Th.; Uterindrüsen), oder an dem unteren Ende desselben sitzen manchmal kleine Ausstülpungen, ein, zwei bis drei längliche Acini (Magensaftdrüsen), oder eine grössere Anzahl

(Fig. 20) von solchen (Magenschleimdrüsen), worin sich eben ein Uebergang zur acinösen Form angedeutet zeigt.

Fig. 20.



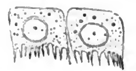
Senkrechter Durchschnitt aus dem Pylorustheil des Magens mit Natron, welches das Epithel zerstört hat; nur die Membrana propria ist angegeben. V. 200. *A* Zusammengesetzte Pylorusdrüse. *B* Verästelte Pylorusdrüse, den Uebergang zur acinösen Form darstellend. *p* Papillen der Schleimhaut-Oberfläche.

Die röhrenförmigen Drüsen können ferner zusammengerollte, aber einfache lange Schläuche darstellen (Knäueldrüsen, d. h. Schweissdrüsen, Ohrenschmalzdrüsen), oder sie bestehen aus mehreren, vielfach verästelten, langen Röhren (Nieren), welche sich auch unter einander netzförmig verbinden können (Hoden).

Mit der Drüsenform pflegt die Beschaffenheit ihres Epithels sich zu ändern, und unter den Drüsen-Epithelien sind zu unterscheiden: Einschichtiges oder mehrschichtiges Platten-Epithel, Cylinder-Epithel, Flimmer-Epithel, ferner die nur in Drüsen vorkommenden Pyramiden-Epithelien und Stützzellen.

Einschichtiges Platten-Epithel kleidet die Hohlräume der Talgdrüsen (hier jedoch zum Theil in zweischichtiger Lage) und Magensaftdrüsen z. Th., der Nieren z. Th., der interlobulären Gallengänge aus, ferner die Lungenbläschen, auch die geschlossenen Hohlräume der Gl. thyreoidea (Fig. 16) und des vorderen Lappens der Hypophysis, so dass in allen diesen Hohlgebilden ein die Form derselben wiedergebendes Lumen übrig bleibt. Einige dieser Plattenepithelien sind mehr cubisch und gehen an ihrer aufsitzenden Basis in feine parallele Fortsätze über, mit welchen sie in die darunterliegende Membran eingezahnt sind, z. B. in der Schilddrüse (Fig. 21) und den gewundenen Harnkanälchen. In letzteren erscheinen sie in situ wie glänzende parallele Stäbchen, die den unteren, der Membran aufsitzenden Theil der Zelle einnehmen und als Stäbchenapparat der letzteren bezeichnet werden.

Fig. 21.



Zwei Zellen des Platten-Epithels eines Follikels der Gl. thyreoidea nach 24stündigem Einlegen in 5% molybdänsaures Ammoniak. V. 1000. Die unteren Enden der Zellen sind aufgefasert.

Cylinder-Epithel findet sich in den Ausführungsgängen der sämmtlichen in den Darmkanal mündenden Drüsen, was mit Bezug auf die grösseren schon oben (S. 28) erwähnt wurde, aber auch von den microscopischen gilt; ebenso in den meisten Ausführungsgängen acinöser Drüsen; ferner z. Th. in letzteren selbst: diese Cylinderzellen haben an ihrer Basis einen stumpfwinklig umgeknickten platten, schuppenförmigen, in der Profilansicht (Fig. 22) schnabelförmigen Fortsatz, dicht unterhalb ihres

Kerns, welcher Basalfortsatz der Membrana propria sich anlegt. Die Cylinderzellen der Ausführungsgänge dagegen, wie sie ähnlich auch in den Nierenkanälchen z. Th. vorkommen, besitzen an ihrer Basis eine analoge Auffaserung, wie die Platten-Epithelien der Gl. thyreoidea. Auch die Follikel des Ovarium und die Kanäle der Knaueldrüsen sind von einschichtigem Cylinder-Epithel ausgekleidet; die Acini der Prostata von zweischichtigem, insofern eine tiefere Lage rundlicher Zellen vorhanden ist.

Fig. 22.



Zwei Zellen aus einer Lieberkühn'schen Drüse des Dickdarms, Müller'sche Flüssigkeit. V. 600/250. Das basale Ende geht in länglich zugespitzte, fast rechtwinklig umgebogene Fortsätze über, mit welchen die Zellen der Drüsenmembran aufsitzen.

Flimmer-Epithel mit cylindrischen Zellen kommt in den Uterindrüsen (Fig. 17), in Kanälen der Epididymis und des Parovarium vor und in den Nieren bei niederen Wirbelthieren.

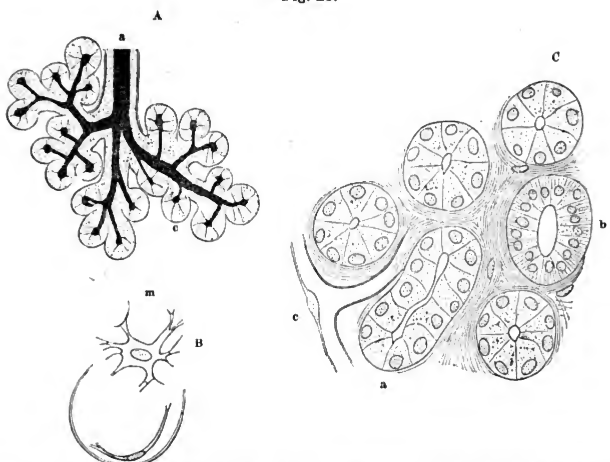
Pyramiden-Epithel bildet die Auskleidung der Acini in den traubenförmigen Drüsen, ebenfalls in den Magenschleimdrüsen (Fig. 19 *C*).

Die Form der Acini der **traubenförmigen** oder **acinösen Drüsen** ist entweder mehr rundlich oder mehr länglich. Die erstere zeigen die grösseren Drüsen dieser Art: Speichel-, Thränen-, Milchdrüsen, ferner die Brunner'schen Drüsen. Die kleineren, z. B. Lippendrüsen, Drüsen der Mundhöhle, der Bronchien und Luftröhre, Prostata haben mehr in die Länge gezogene Acini, die auf dem Querschnitt zwar rundlich, auf dem Längsschnitt aber als nicht ganz geschlossene Ellipsen erscheinen. Man hat dieselben daher auch wohl den tubulösen Drüsen zugerechnet und in der That ist der Uebergang und Anschluss an Formen wie die Magenschleimdrüsen (Fig. 20) ein ganz allmäliger. Der nicht geschlossene Pol jener Ellipse verbindet sich mit dem Beginn eines der feinsten Ausführungsgänge, die bereits höhere, mehr cylindrische Zellen besitzen. Aber auch die erwähnten grösseren acinösen oder traubenförmigen Drüsen bieten mehr längliche Acini dar, wenn letztere vom Schnitt in radiärer Richtung auf die Aussenfläche der Drüse getroffen werden (Fig. 23 *C a*) und können überhaupt nur uneigentlich mit dem Bilde einer Weintraube verglichen werden. Ein solches erhält man, wenn man von den Ausführungsgängen her die Drüsen injicirt: alsdann ist das Lumen der grösseren und feineren Ausführungsgänge durch den verästelten Stiel der Traube repräsentirt; die feineren Stiele, auf welchen die Weinbeeren sitzen, entsprechen den feinsten Ausführungsgängen, die Lumina der Acini sind rundlich und den Beeren selbst vergleichbar (Fig. 23 *A*). Doch nur an der Injectionsmasse resp. dem Lumen zeigt sich eine ähnliche Differenz im Durchmesser und so plötzliche Abschnürung, mit welcher die Weinbeere ihrem Stiele aufsitzt. Die Membranen der Acini gehen in die Wand der Ausführungsgänge ohne merkliche Verminderung des Durchmessers beider Gebilde über und die Anordnung entspricht mehr dem Bilde einer Himbeere oder Maulbeere; daher der Ausdruck: Gl. moriformes. In allen acinösen Drüsen sind nun die Drüsen-Epithelialzellen oder die secernirenden *Drüsenzellen* pyramidenförmig. Die Pyramide sitzt mit breiter vier- oder fünfseitiger Basis der Membran des Acinus oder Drüsenhohlraums, Drüsenausführungsganges auf und ist mit ihrer abgerundeten Spitze gegen das Lumen des ersteren gerichtet (Fig. 23 *C*). Die Basis erscheint in der Aufsicht oder Flächenansicht natürlicher Weise polygonal und da solche Flächenansichten gewöhnlich zur Beobachtung kommen, während die Profilansichten der Zellen nur an gut gehärteten oder gefrorenen Präparaten gewonnen werden, so wurden die Zellen bisher meistens als polygonale Platten-Epithelien bezeichnet. Ausserdem haben diese Zellen (in den Speicheldrüsen wenigstens und wahrscheinlich überall) noch einen homogenen platten schuppenförmigen *Basalfortsatz,* ganz wie ihn cylindrische Drüsenzellen zeigen (Fig. 22); benachbarte Basalfortsätze decken sich dachziegelförmig. Die Höhe der Pyramidenzellen ist verschieden: beträchtlicher im Verhältniss zur Basis der Zellen stellt sie sich in den traubenförmigen Drüsen der Luftröhre, Bronchien, Thränendrüsen und Brunner'schen Drüsen heraus. Analoge Zellen finden sich auch einzeln in den Magensaftdrüsen. Die relativ niedrigeren Pyramidenzellen haben unter einander gemischt theils grössere helle, theils kleinere körnige Zellen. Die ersteren färben sich mit Carmin schwach, ihr Kern intensiv; bei letzteren wird das eiweissartige Protoplasma stärker, der Kern weniger deutlich geröthet.

Man vermuthet, dass der Unterschied mit der Function, Schleimbildung, im Zusammenhang steht, dass die Zellen periodischer Erneuerung unterworfen und die hellen mehr colloiden die zur Abstossung bestimmten mucinhaltigen sind, während die körnigen Zellen

jüngere oder neugebildete Formen darstellen. In den helleren, sowie auch in den Pyramidenzellen von relativ beträchtlichem Höhendurchmesser sitzen die rundlichen oder nur wenig ellipsoidischen Kerne nahe an der Zellenbasis, die namentlich bei den letzteren Zellen (Brunner'sche Drüsen) die erwähnten schnabelartigen platten Basalfortsätze zeigen. Die kleineren körnigen Zellen dagegen tragen den Kern in ihrem Centrum.

Fig. 23.



A Ein kleinstes Läppchen der Gl. submaxillaris, vom Ductus Whartonianus aus mit Leim und Berlinerblau injicirt, Alkohol. V. 300/120. *a* Ausführungsgang; bei *c* haben sich die Speichelcapillaren theilweise gefüllt. *B* Aus der Gl. submaxillaris nach dreitägigem Einlegen in 5% molybdänsaures Ammoniak. V. 1000/500. Membran eines Acinus, welcher inwendig eine multipolare Zelle anliegt, die hier in Profilansicht sichelförmig erscheint *m* Ebensolche Zelle, von der Fläche gesehen. *C*, Schnitt aus der Gl. submaxillaris, Alkohol, Carmin, Essigsäure, Glycerin. V. 600/350. Vier Acini von rundlicher Form mit ihren pyramidenförmigen Epithelzellen. *a* Acinus von länglicher Gestalt, der Länge nach durchschnitten. *b* Feiner Ausführungsgang auf dem Querschnitt mit cylindrischen Zellen, deren basale Enden längsgestreift sind. *c* Capillargefäss.

Von dem Lumen des Acinus erstrecken sich zwischen die einzelnen Drüsenzellen injicirbare, sehr feine, drehrunde wandungslose Kanälchen, die unter einander in polygonalen Maschen anastomosiren und von der Fläche gesehen ein Netzwerk bilden. Sie sind jedoch nicht an jeder Zusammentrittsstelle benachbarter Drüsenzellen vorhanden, fehlen vielmehr häufig, so dass ihr Netz keineswegs vollständig die gesammten Acini durchzieht. Im frischen Zustande erscheinen sie scharf contourirt und wurden früher für Membranen der Drüsenzellen genommen; durch chromsaures Kali und Osmiumsäure gerinnt ihr Inhalt, der eiweissartig ist und nicht bereits fertiges Drüsensecret z. B. Speichel enthält, zu einer homogenen glänzenden Masse. In solchem Zustande scheinen sie auch mit sternförmigen Zellen verwechselt werden zu können. Man hat sie *Drüsencapillaren*, z. B. Speichelcapillaren genannt, was nicht zutreffend ist, da sie wie gesagt keinen Speichel enthalten. Vom Lumen der Acini aus, das dadurch eine sternförmige Gestalt erhalten kann (Fig. 23 *A*), erstrecken sie sich in radiärer Richtung gegen dessen Peripherie, die sie nicht zu erreichen pflegen und von der sie durch die schnabelähnlichen Basalfortsätze der Drüsenzellen getrennt bleiben.

Stützzellen. In vielen, wahrscheinlich in allen Drüsen kommen platte sternförmige Zellen vor, deren Leib und öfters verästelte Ausläufer homogen und ziemlich resistent gegen verdünnte Alkalien und Säuren sind. Sie

besitzen einen ovalen, stark abgeplatteten Kern. Man erhält sie aus Speicheldrüsen durch mehrtägige Maceration in 5 %igem neutralem molybdänsaurem Ammoniak oder Jodserum, am besten in Müller'scher Flüssigkeit und Zerfasern isolirt. Zunächst liegen solche Zellen hier und da im Bindegewebe zwischen dem Acini; dies sind gewöhnliche Inoblasten wie im netzförmigen Bindegewebe (S. 47). Sie kommen auch der Wandung von Drüsenschläuchen aufgelagert vor: mit ihren Ausläufern dieselbe verdickend und verstärkend ungefähr wie die Rippen eines Pflanzenblatts. Ihre Kerne erscheinen dann spindelförmig und der Drüsenmembran aussen angelagert; sie sind nicht mit solchen zu verwechseln, die in dieser Membran liegen und den platten Schuppen angehören, aus denen sie zusammengesetzt sein kann (S. 41). Bei weitem die meisten Stützzellen aber liegen innerhalb der structurlosen Wandung der Acini und der letzteren dicht an, sie erscheinen dann auf dem Querschnitt sichelförmig gebogen (Fig. 23 *B*). Wie es scheint, können ihre Ausläufer mit den platten Basalfortsätzen der pyramidenförmigen Drüsenzellen in Zusammenhang stehen. Sie finden sich ferner am Uebergange der Acini in die Enden der Ausführungsgänge.

Henle* (1863) sah solche sternförmige Zellen in der Wandung der Magensaftdrüsen; von W. Krause* (1864) wurden sie in den Speicheldrüsen aufgefunden und anfangs ausserhalb der Acini verlegt. Boll* (1868) betrachtete sie eine Zeit lang als eine korbartige durchbrochene Umhüllung der vermeintlich einer Membran entbehrenden Acini; als von W. Krause (1870) die Existenz einer solchen von Neuem dargethan war, erklärte sie Boll (1872) für festere Rippen in derselben; von letzterer sind sie jedoch zu isoliren. Von Merkel wurden sie mit den Spermatoblasten der Hodenkanälchen (1871), den Inoblasten der Lymphfollikel und den ebenfalls bindegewebigen Radialfasern der innern Körnerschicht in der Retina unter dem Namen Stützzellen vereinigt. Jedoch ist wohl kaum oberflächliche Aehnlichkeit zwischen denselben vorhanden.

Man kann nicht behaupten, dass alle vorkommenden Epithelien direct einer der bisher erwähnten Formationen zuzuweisen sind. Vielmehr gibt es Misch- und zweifelhafte Formen, worüber die speciellen Angaben in den einzelnen Systemen zu vergleichen sind.

Nerven-Epithelien, Neuro-Epithelien.

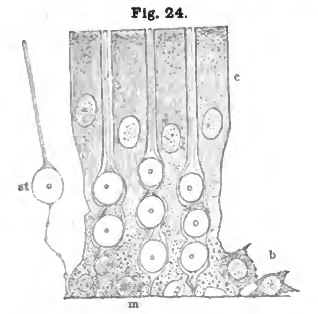
Eine Anzahl von Epithelien gewinnt erhöhte Bedeutung dadurch, dass Nerven in dieselben eintreten (S. Nervensystem). Dies ist einmal der Fall beim geschichteten Platten-Epithel (der Cornea), ferner aber bei wirklichen Neuro-Epithelien, die den höheren Sinnesorganen zukommen und bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten gemeinsam haben.

Stets sind mindestens zwei Zellenarten von ganz verschiedener Form in regelmässiger Weise durch einander gemischt. Immer sind beide Zellenarten stark in die Länge gezogen, im Ganzen cylindrisch, mit ihrem Längsdurchmesser senkrecht zur Unterlage gestellt. Am klarsten ist die Anordnung im Riech-Epithel (Fig. 24), woselbst dickere Cylinderzellen von je fünf dünneren Stäbchenzellen kranzförmig umgeben werden. Analoge Anordnung zeigen die Nerven-Epithelien der Bogengänge und Säckchen im Gehörorgan, complicirtere Verhältnisse die Schnecke und die Geschmacksorgane (S. diese). Eigenthümlich ist bei jenen Einrichtungen das Vorkommen von starren, unbeweglichen Haaren, die, wie die Stäbchen am freien Ende der Cylinder- oder die Cilien an dem der Flimmer-Epithelzellen, ihren zugehörigen Zellen aufsitzen: entweder einen dichten Rasen bildend und dann feiner, oder als einzelne Haare und dann von stärkerem Durchmesser, aber am freien Ende spitz zulaufend. Solche Zellen werden *Haarzellen* genannt, und sie unterscheiden sich dadurch von den Flimmerzellen, dass die Haare der ersteren unbeweglich sind. Auch die Epithelschicht der Retina des Auges kann den Neuro-Epithelien parallelisirt werden; sie entsteht beim Embryo aus dem Epithel der primären

* Henle, Handbuch der syst. Anat. d. Menschen.
Krause, Ueber die [illegible], Zeitschr. f. rat. Med. III, XXIII, p. 51.
Boll, Ueber den Bau der Thränendrüse, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 4. p. 147. 1868.

Augenblase, und dieses ist dem cylindrischen Flimmer-Epithel des Rückenmarkkanals und der Auskleidung der Hirnventrikel gleichwerthig. Wie beim Geruchsorgan ist eine regelmässige Anordnung von dickeren (Zapfen) und schlankeren (Stäbchen) Cylinderzellen nachweisbar (S. Auge).

Fig. 24.



Neuro-Epithel der Regio olfactoria auf dem senkrechten Durchschnitt, Einlegen in 1% Osmiumsäure 1/4 Stunde nach dem Tode. V. 1000/450. *c* Cylinderzellen, deren vier vorhanden sind, mit dunkeln Pigmentkörnchen in ihren Protoplasmaflüssen. *st* Stäbchenzelle isolirt. *b* Basalzellen. *m* Gezähnelter Grenzsaum der Basalmembran der Schleimhaut. Der Unterschied zwischen den Kernkörperchen der Cylinder- und Stäbchenzellen schematisch.

Im Allgemeinen gehen in den Neuro-Epithelien die dünneren Ausläufer der dickeren und feineren Cylinderzellen resp. Stäbchenzellen etc. gegen die bindegewebige Unterlage hin in eine Anschwellung über. Dieselbe bildet einen grösseren oder kleineren niedrigen Kegel, dessen Basis in die Unterlage eingezahnt ist. Die Ränder dieses kegelförmigen Protoplasmafusses können mit denselben benachbarter Zellen anastomosiren. Zwischen ihnen bleiben Lücken, die von einem subepithelialen Nervenplexus ausgefüllt werden; in der oberflächlichen Schicht des Substrats liegen zahlreiche den Nervenfasern angehörige Kerne oder Körner.

Die geschilderten Verhältnisse sind wiederum am deutlichsten in dem Riech-Epithel, mit Ausnahme der zuletzt erwähnten, hier mehr sparsamen Kerne. Ganz ähnlich verhält sich die Epithelschicht der Retina: die dickeren Cylinderzellen werden durch Zapfen, Zapfenkorn, Zapfenfaser, Zapfenkegel repräsentirt, die feineren durch Stäbchen, Stäbchenfaser, Stäbchenkorn, Stäbchenkegel. Abweichend von anderen Neuro-Epithelien, aber übereinstimmend mit der Auskleidung des Centralkanals, resp. der Hirnventrikel hängen die Epithelialzellen der Retina an den Zapfen- und Stäbchenkegeln mit Bindegewebszellen der nervösen Retinaschicht zusammen. Letztere ist blutgefässhaltig. Im Geschmacks-Epithel sind drei Modificationen der Cylinderzellen vorhanden, die Kerne des Substrats sind sehr deutlich und zahlreich; letztere werden in der Retina durch die inneren Körner repräsentirt. Auf den Maculae und Cristae acusticae des Gehörorgans kehren dieselben Verhältnisse wieder; was die Schnecke anlangt, so entsprechen die spindelförmigen inneren Deckzellen den Kernen des Geschmacksnervensubstrats und den inneren Körnern der Retina, während das Nerven-Epithel mancherlei besondere Modificationen der Zellenformation aufweist.

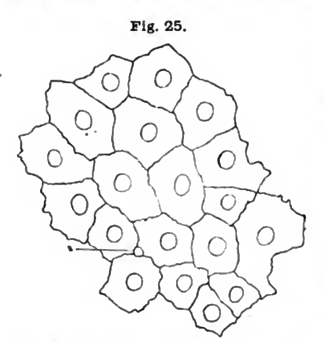
Endothelien.

Die *Endothelien,* unächte Epithelien, Epithelia spuria, gehen aus dem mittleren Keimblatt des Fötus hervor: vielleicht aus dem Nebenkeim oder Parablast (S. Eierstock), welcher das Blut, die Gefässe, die Gewebe der Bindesubstanz etc. liefern soll. Die Endothelien kleiden in sich geschlossene Höhlen und Kanäle des Körpers aus und finden sich auf den serösen Häuten, den Synovialhäuten der Gelenke, in Schleimbeuteln, sowie in der vorderen Augen-

kammer, und als innere Begrenzung der Herzhöhlen, der Blut- und Lymphgefässe, die dadurch zu Intercellulargängen werden; auch in vielen Organen, welche kleinere oder grössere, mit Flüssigkeit (Lymphe) gefüllte Spalträume besitzen, die Lymphräume genannt werden (S. Gefässsystem).

Die Endothelien sind stets dünne polygonale, meist unregelmässig fünfeckige Platten, die nicht genau in ihrer Mitte wenigstens ursprünglich einen rundlichen oder ovalen Kern besitzen, der später verschwinden kann; selten sind zwei vorhanden. Bei den Endothelien der serösen Häute ist derselbe ziemlich stark abgeplattet, etwa dreimal so breit als dick, und neben demselben enthält die dünne homogene Zellplatte an ihrer aufsitzenden Fläche hier und da noch einige Protoplasmakörnchen (Fig. 14 *A*). Auf diese Art scheint das Zusammenheften mit den Häuten etc., auf welchen die Endothelien aufsitzen, vermittelt zu werden. In anderen Endothelien ist der Kern sehr undeutlich geworden und in manchen Zellen, wie bei denen der Blut- und Lymphcapillaren durch kein Mittel mehr herzustellen. Die Ränder der Endothelzellen sind stets gezähnelt und mit ihren Nachbarn verzahnt (Fig. 25); in diesen Furchen findet sich eine in Wasser lösliche Eiweisssubstanz, die das salpetersaure Silberoxyd begieriger reducirt, als die erstarrten Zellenleiber und dadurch die Zellengrenzen schwarz färbt. Diese Eiweisssubstanz kann abgespült werden, z. B. durch Rohrzuckerlösung, und ist zum Theil identisch mit der Kittsubstanz oder dem Gewebskitt, der die Zellen zusammenhält; übrigens resultirt deren Zusammenhang wesentlich aus Verzahnung. Hierauf beruht die Darstellung der Endothelien an vielen Orten, woselbst man sie im frischen Zustande nicht wahrnehmen kann.

Fig. 25.



Platten-Endothelzellen mosaikartig angeordnet, mit Kernen und zackigen in einander greifenden Randcontouren. Vom Diaphragma, frisch mit salpetersaurem Silberoxyd (1:400) und Carmin. *a* Stroma zwischen drei an einander stossenden Zellen. V. 600/250.

Namentlich bei den Endothelien der serösen Häute, undeutlicher auch in den Blutcapillaren bleiben an den Stellen, wo mehrere polygonale Endothelzellen zusammenstossen, kleine dreieckige oder mehreckige Lücken frei. Dieselben werden entweder von viel kleineren und kernlosen Plättchen, *Schaltplättchen,* ausgefüllt, deren Contouren das Silber wie die Zellengrenzen färbt. Oder es bleiben wirkliche Lücken, welche nur die erwähnte, das Silbersalz reducirende Eiweisssubstanz enthalten. Solche Lücken (Fig. 25 *a*) heissen *Stomata*, Oeffnungen; sie sind mit Sicherheit an serösen Häuten kleiner Säuger und des Frosches nachgewiesen (S. Lymphgefässsystem, Lymphspalten). Am Dünndarm des Frosches stehen sie in regelmässigen Abständen; die sie zunächst umschliessenden Zellen haben eine längliche Form und sind mit ihrer Längsaxe radiär zu dem Stoma gestellt. — Von den Schaltplättchen unterscheiden sie sich schon durch mehr rundliche Form und ihre nicht gezähnelten Ränder.

An einigen Stellen (Synovialhäute) sollen die Endothelien mehrfach über einander geschichtet sein, an anderen Stellen können sie fehlen, während benachbarte Parthien desselben Hohlraumes oder ganz ähnliche Hohlräume solche

Zellen besitzen. Sie werden dann von Inoblasten (S. 44) ersetzt, welche discontinuirlich angeordnet sind und an der Oberfläche liegende platte Zellen des Bindegewebes repräsentiren: sie bilden gleichsam einen Uebergang zwischen Endothelien und Inoblasten (S. Muskelsystem, Sehnenscheiden). Die Endothelzellen können danach als Inoblasten ohne Ausläufer betrachtet werden.

Da man ähnliche Silberzeichnungen, wie die geschilderten, an sog. structurlosen Membranen (Schweissdrüsen, Harnkanälchen etc.) erhält, so ist der Schluss gestattet, dass diese keine Cuticularbildungen (S. 22), sondern aus verschmolzenen Zellen entstanden sind.

Der zwischen den Zellengrenzen auftretende Silberniederschlag ist löslich in chromsauren Salzlösungen, Salpetersäure und Ammoniak, unlöslich in Essigsäure und wahrscheinlich ein Silberoxydulalbuminat.

Gewebe der Bindesubstanz.

Das Bindegewebe, elastische Gewebe, das Knochen-, Knorpel- und Zahngewebe bilden eine zusammengehörige Gruppe. Das Gemeinsame dieser auf den ersten Blick sehr verschiedenartig aussehenden Structuren liegt darin, dass eine als Zellenderivat oder Zellenausscheidung betrachtete und deshalb gewöhnlich Intercellularsubstanz genannte Grundsubstanz mit eingelagerten Zellenkörpern in allen vorhanden ist. Ferner in ihrer Molecularstructur: die Analyse im polarisirten Licht erweist jene Grundsubstanz aus zahlreichen kleinsten, einaxigen, positiv doppelt brechenden Körperchen zusammengesetzt, welche mit ihrer Hauptaxe der Längsrichtung jener Zellenkörper, die meist länglich-oval sind, oder deren Flächenausdehnung parallel liegen. In chemischer Beziehung stimmen sie in so weit überein, dass sie beim Kochen Leim, resp. Chondrin (Knorpel) geben. Das Bindegewebe enthält ausser dem eigentlichen Bindegewebe noch elastisches Gewebe, Fettzellen, Pigmentzellen, welche sämmtlich aus Zellen hervorgehen, die ursprünglich den übrigen Zellen des Bindegewebes, resp. denjenigen der Bindesubstanzen überhaupt gleichwerthig waren. Im Uebrigen bieten die einzelnen Gewebe mannigfaltige Differenzen.

Virchow's Arbeiten (1851) ist es zu verdanken, dass die Homologie aller Bindesubstanzen, so verschieden auch deren äussere Beschaffenheit sein mag, allgemein anerkannt wurde. Z. B. ist der Glaskörper von gallertartiger Consistenz, das Felsenbein steinhart und doch gehören beide zu derselben Gruppe von Geweben.

Bindegewebe.

Das Bindegewebe zeigt eine entweder fasrige oder amorph-körnige, oder anscheinend wenigstens homogene Grundsubstanz.

Das **fasrige oder fibrilläre Bindegewebe** ist im Körper bei weitem das verbreitetste Gewebe überhaupt: es bildet die Grundlage der Häute (äussere Haut, Schleimhäute, seröse Häute), ferner die Umhüllung sehr vieler anderer Organe, Gewebe und Gewebselemente. Namentlich die Muskeln, Muskelgruppen sowohl, als Bündel einzelner Muskeln, die Gefässe, Nerven, Drüsen u. s. w. werden ausnahmslos von Bindegewebe eingescheidet. Die bindegewebigen Umhüllungen mehrerer Muskeln incl. benachbarter Organe, ferner von ganzen Extremitäten oder Theilen derselben heissen Fascien. Mit den Muskeln stehen die ebenfalls bindegewebigen Sehnen im Zusammenhang; zwischen Knochen und Knochentheilen finden sich bindegewebige Ligamente. Diese und andere Theile werden auch wohl zum geformten oder festen, im Gegensatz zum ungeformten, formlosen, areolären, lockeren, atmosphärischen Bindegewebe oder Zellstoff gerechnet.

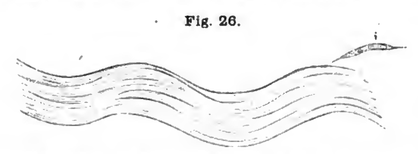
Das Bindegewebe ist überall Träger der microscopischen Blutgefässe und Nerven, welche es zu den Organen und Parthien leitet, die davon versorgt werden, während es selbst keine Nerven besitzt, die ihm eigenthümlich zukommen, und in vielen Fällen auch keine Blutgefässe. Dagegen sind Lymphgefässe (S. letztere) stets vorhanden.

Die Grundsubstanz des fasrigen Bindegewebes besteht aus dichtgedrängten, sehr feinen, 0,0002—0,002 Dicke messenden, drehrunden *Bindegewebsfibrillen.* Dieselben sind, unter einander parallel verlaufend, meist wellenförmig, zu längsfasrigen Bündeln, *Bindegewebsbündeln,* angeordnet, deren Dicke in nicht sehr weiten Grenzen schwankt und bei benachbarten Bündeln meistens genau dieselbe ist. Ihr Querschnitt ist kreisförmig oder mehr oder weniger abgeplattet: die Bündel stellen dann platte Bänder dar. Sie sind entweder ebenfalls unter einander parallel oder sie durchkreuzen sich in meist sehr schräger (Unterhautbindegewebe, Periost), seltener fast rechtwinkliger Richtung. Verlaufen die zu Bündeln angeordneten Fibrillen auffallend gestreckt, einander parallel oder sich in sehr schräger Richtung durchkreuzend, so wird solches Bindegewebe als *strafffasriges* bezeichnet. Dasselbe bildet hauptsächlich Membranen, Bänder etc., die man als *fibröse* unterscheidet.

Die Fibrillensubstanz ist leimgebend. Sie bricht das Licht doppelt und verhält sich, als ob sehr kleine, positiv einaxige Krystalle der Länge der Fibrillen nach an einander gereiht wären: das Bindegewebe kann mithin nicht für homogen angesehen werden. In verdünnten Säuren und Alkalien, falls die Verdünnung nicht zu beträchtlich, quillt die Grundsubstanz auf, die Fibrillen verschwinden, ohne sich jedoch zu lösen; sie werden vielmehr mittelst Neutralisiren und Auswaschen wieder hergestellt. Die Fibrillen sind durch ein Minimum einer zähen eiweisshaltigen Flüssigkeit (*Gewebskitt*) an einander geklebt; die letztere wird durch Maceration in Baryt- oder Kalkwasser, ferner in indifferenten Flüssigkeiten, namentlich 5 % igem molybdänsaurem Ammoniak gelöst, so dass die Fibrillen auf diese Art leicht isolirt werden können. Chromsäure, Kali bichromicum in concentrirten und verdünnten Lösungen, $^1/_2$—2 % ige Osmiumsäure lassen sie deutlich hervortreten, ohne die Isolirung zu begünstigen. Der Bau des fasrigen Bindegewebes ist am leichtesten an der Sehne zu erforschen, namentlich an Sehnen junger Thiere, wie des Kalbes, ferner an den dünnen Schwanzsehnen der Nager. Das von den Sehnen hier Mitzutheilende gilt übrigens mit unwesentlichen Modificationen (S. 45) von allem fasrigen Bindegewebe.

Behandelt man einen dünnen Längsschnitt der getrockneten Sehne mit Wasser, so sieht man wellenförmige, unter einander ganz parallel verlaufende *Bindegewebsbündel* (primäre Sehnenbündel; in Betreff der secundären etc. Sehnenbündel s. Muskelsystem) von fast genau übereinstimmender Breite. Die Fibrillen (Fig. 26), aus welchen sie bestehen, sind durch den erwähnten Kitt dicht mit einander verklebt; zwischen den Bündeln bleiben etwas grössere, in Folge des Trocknens mit Luft gefüllt gewesene Interstitien. Nach Zusatz von Natron wird die Grundsubstanz homogen, zwischen den Bündeln erscheinen hier und da kleine dunkelrandige Körnchen, die man für Fett hält, und feine, stark lichtbrechende, wellig oder vielmehr spiralig (wie lange Hobelspähne) verlaufende Fasern, die *elastische Fasern* heissen.

Fig. 26.



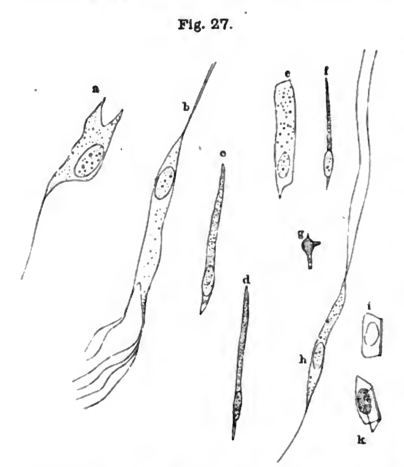
Bindegewebsbündel der Sehne durch Einlegen in Müller'sche Flüssigkeit isolirt. V. 500. *i* Inoblast in eine Bindegewebsfibrille übergehend, die (im Holzschnitt nicht ganz deutlich) mit den übrigen weiter verläuft.

Nach Zusatz von Essigsäure oder anderen verdünnten Säuren treten ausserdem noch länglich spindelförmige, stark lichtbrechende Körperchen (Bindegewebskerne) zwischen den Bündeln auf. Dieselben (Fig. 28 *B*) sind mit ihrer Längsaxe parallel den Bindegewebsbündeln in ziemlich regelmässigen Abständen angeordnet. Die Grenze der Bündel ist stärker lichtbrechend als die mit verdünnter Säure gefüllten Interstitien und auch als die homogen gewordene Grundsubstanz: in Folge davon erscheinen die Kerne durch eine feine dunkle Linie unter einander in Verbindung gesetzt. Dieselbe ist nicht Ausdruck einer Faser, son-

dern der geradlinigen Begrenzung des Bindegewebsbündels, und leicht von den stark geschlängelten elastischen Fasern (Fig. 28 *B*) zu unterscheiden. Irrthümlich sind diese Linien als Fasern und incl. der scheinbar spindelförmigen Kerne als Zellen (Bindegewebskörperchen) aufgefasst, ebenso hatte man für die elastischen Fasern Zusammenhang mit dem Kerne supponirt und sie daher Kernfasern genannt.

Nach Maceration der Sehne in molybdänsaurem Ammoniak oder in Müller'scher Flüssigkeit und Zerfasern zeigt sich, dass die beschriebenen Kerne gar nicht solche sind, sondern Profilansichten von platten, länglichen Zellen, die mit Bindegewebsfibrillen in Continuität stehen (Fig. 26 *i*). Diese Zellen heissen *Inoblasten* (Fig. 27); sie werden gewöhnlich als Bindegewebszellen, auch wohl als Endothelzellen (S. 41) oder als Ranvier'sche Zellen des Bindegewebes bezeichnet, obgleich sie schon länger bekannt sind. Sie bestehen aus einem platten, länglichen Zellenkörper, mit zugespitzten oder in mehrere Ausläufer übergehenden Enden. Der Zellenkörper, der übrigens in Bezug auf seine Breite etc. mannigfache Verschiedenheit darbietet und je nach seiner Lage unter dem Microscop wechselnde Formen zeigt (Fig. 27), enthält einige feine Körnchen und einen ovalen, abgeplatteten, durch Carmin und Essigsäure sich roth färbenden Kern, welcher mit Säuren granulirt wird und mehrere Kernkörperchen darzubieten pflegt. Die Ausläufer sind drehrund, meistens kurz abgerissen, gehen jedoch in Wahrheit in eine oder mehrere sich öfters büschelförmig theilende Bindegewebsfibrillen über (Fig. 27 *a b h*). Jede der letzteren hängt also an ihrem Ursprung mit dem Zellenkörper zusammen; am entgegengesetzten Ende hört sie frei auf, entweder zwischen anderen Bindegewebsfibrillen oder anderen Gebilden (Muskelfasern, am Knochen u. s. w.). Die Länge der Bindegewebsfibrillen ist an manchen Stellen nur gering, microscopische Grössen nicht überragend; an anderen Orten ist sie sehr beträchtlich, z. B. in den Sehnen jedenfalls nach Centimetern zu schätzen; keinenfalls sind sie so lang, wie die grösseren Sehnen selbst; meist aber ist ihre wahre Länge unbekannt. Die Inoblasten sind mithin als ausserordentlich lange, fein und getheilt auslaufende spindelförmige Zellen anzusehen.

Fig. 27.



Inoblasten aus der Sehne durch Maceration in 5% molybdänsaurem Ammoniak und Zerfasern isolirt. V. 1000. *a* Platte Zelle mit feinem Ausläufer. *b* Mehr längliche, die vielen Bindegewebsfibrillen den Ursprung gibt. *c* Spindelförmige abgeplattete Zelle von der Fläche. *d* Dieselbe von der Kante. *e* Breite platte Zelle. *f* Dieselbe von der schmalen Seite. *g* Dieselbe aus der Verlängerung ihrer Längsaxe betrachtet; sie ist nach ihrem Breitendurchmesser gebogen. *h* Längliche Zelle mit drei Fasern. *i* Geknickte Zelle mit Holzessig dargestellt; zu vergleichen mit *g*. *k* Zelle von *i* auf der Fläche liegend, die umgeknickte Kante ist nach oben gerichtet.

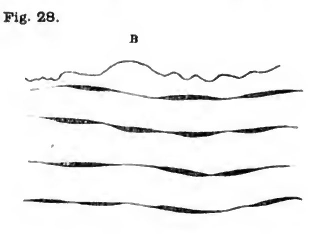
Der Querschnitt einer getrockneten Sehne zeigt ein ganz anderes Bild, als der vorhin geschilderte Längsschnitt. Mit Wasser sieht die Grundsubstanz auf's Feinste punktirt aus: die Punkte sind die Durchschnitte der Bindegewebsfibrillen und mit den interstitiellen Fettkörnchen, sowie den stärker lichtbrechenden Querschnitten der elastischen Fasern nicht zu verwechseln. Die Querschnitte der Bindegewebsbündel erscheinen rundlich oder stumpfwinklig polygonal; die Interstitien zwischen je drei oder vier benachbarten Bündeln aber meist dreieckig oder mit vier Zacken versehen. Diese Räume sind an der trockenen Sehne anfangs mit Luft gefüllt; nach Natronzusatz erkennt man sie als röthlich (S. 15) glänzende Spalten, die am Rande des Präparats continuirlich in die Zusatzflüssigkeit übergehen. Mit Essigsäure quillt die Substanz der Bündel stark auf, die von den Fibrillen-Durchschnitten herrührende Punktirung verliert sich wie nach Natron, und die Lücken oder Querschnitte der Spalten zwischen den Bindegewebsbündeln nehmen eine eigenthümliche Form an. Sie gleichen vollständig dünnleibigen, sternförmigen, mit drei oder mehreren Ausläufern unter

✗ Ranvier. Arch. de Physiol. 1867. Bd. II. p. 471. — Compt. rend. LXXIII, Nr. 22, p. 1299, Arch. de Phys. norm. et path. 2 Série, T. I. p. 151, 1874.
Waldeyer. Arch. f. mikr. Anat. Bd. II, p. 176 1875,
Flemming, " " " Bd. XII.
Key u. Retzius, Stud. in d. Anat. d. Nervensyst. Arch. f. micr. Anat. Bd. IX, p. 308, 1872
[illegible] Bindegewebes. Wiener med. Jahrbücher, Heft III, 1874.

einander anastomosirenden Zellen (Fig. 28 *A*). Die Aehnlichkeit mit solchen wird durch das Aufquellen der Grundsubstanz in verdünnten Säuren hervorgebracht; die Bündel ver-

Fig. 28.





Getrocknete Sehne mit Essigsäure. V. 500. *A* Querschnitt eines Theiles eines secundären Sehnenbündels. Eine Hülle, grösstentheils aus elastischen Fasern bestehend, begrenzt das Bündel. Im Innern desselben erscheinen sternförmige Figuren, welche die primären Bündel von einander abgrenzen und feine Pünktchen. *B* Längsschnitt. Die primären Bündel werden durch längliche spindelförmige Körperchen (Inoblastenkerne) von einander getrennt. Neben *B* eine elastische Faser.

dicken sich in der Querrichtung, ihr kreisförmiger Querschnitt bekommt eine polygonale Gestalt; einer der stumpfen Winkel liegt stets da, wo drei bis vier Bündel unter einander zusammenstossen. An dieser Stelle befinden sich zugleich die Zellenkörper der Inoblasten, und, wenn die Substanz nicht zu stark aufgequollen ist, erreichen die scheinbaren Ausläufer benachbarter Zellen einander, auf diese Weise Anastomosen herstellend; bei stärkerer Quellung endigen sie scheinbar frei und spitz auslaufend. Die rundlichen Querschnitte der Inoblasten, in der Mitte des Körpers der scheinbaren sternförmigen Zellen gelegen, imponiren für Kerne der letzteren. Eine Vergleichung mit dem oben (S. 43) beschriebenen Längsschnitt (Fig. 28 *B*) ergibt jedoch, dass keine fadenförmigen Ausläufer sternförmiger Zellen vorhanden sein können, denn solche müssten auf ersterem als zur Längsaxe der Bündel quergestellte, zum Theil anastomosirende Zellenausläufer erscheinen, was aber an reinen Längsschnitten niemals der Fall ist. Folglich sind jene anscheinend sternförmigen Zellen in Wahrheit, wie gesagt, die Querschnitte von Spalten zwischen den Bindegewebsbündeln. Gekochte und dann getrocknete Sehnen zeigen auf nur mit Wasser untersuchten Längs- und Querschnitten dieselben Differenzen der microscopischen Präparate; an solchen ist das Bild genau wie bei Säure-Behandlung; die stark verkürzte Sehne lässt aber Längs- und Querrichtung an kürzeren Stücken mit freiem Auge schwer unterscheiden, wegen mannigfacher Verbiegungen.

Nach Anwendung von verdünnten Säuren auf beliebiges fibrilläres Bindegewebe, welches nicht gerade der Sehne angehört, oder auch bei letzterer, wenn sie nicht gehärtet und reine Quer- oder Längsschnitte nicht ausführbar sind, ferner an Schrägschnitten der getrockneten, sowie namentlich der gekochten Sehnen treten anscheinende, theils spindelförmige, theils sternförmige Zellen überall auf. Ihre eben erwähnten Formen sind von dem Umstande abhängig, ob zufällig die Richtung der Fasern mehr einem Längsschnitt, oder einem Querschnitt sich annähert; in Bindegewebe, das, wie das meiste fasrige Bindegewebe mit Ausnahme der Sehne, aus mannigfaltig sich durchkreuzenden Bündeln besteht, erhält man an den Berührungsstellen der Bündel naturgemäss vorwiegend sternförmige Figuren.

In concentrirten Mineralsäuren erscheinen die letzteren anscheinend isolirt und die Grundsubstanz gelöst; durch Neutralisiren lässt sich jedoch zeigen, dass sie nur aufgequollen war. Bei dieser Behandlung und schon bei Anwendung concentrirterer Essigsäure verkürzen sich die Bündel in ihrer Längsrichtung entsprechend dem Aufquellen in der Quere. Hindert man diese Verkürzung durch Befestigung beider Enden eines Sehnenstreifchens auf einer Glasplatte, z. B. mit Siegellack, so bleiben die Körper der Inoblasten in der Längsansicht schlank und spindelförmig. Dagegen erhält man bei freigegebener Contraction nach der Längsrichtung der Bündel verkürzte Inoblastenkörper. Ist vorher der Kern durch Carmin intensiv roth gefärbt, der Zellenkörper schwächer geröthet und der Grundsubstanz durch concentrirte Essigsäure und Glycerin der aufgenommene Farbstoff wieder entzogen, so stellen die Zellenkörper längliche, annähernd rhombische Plättchen dar, welche in Folge der Contraction Querrunzeln zeigen. Zugleich erkennt man, dass die Inoblastenkörper in Längsreihen angeordnet sind, von denen jedes Bindegewebsbündel nur eine an seiner einen Kante

besitzt. Da die Bündel eine polygonale Form durch Aufquellen in der Quere und gegenseitige Abplattung bekommen haben, so müssen die nach ihrer Breite gedehnten Plättchen (Inoblastenkörper) zugleich stumpfwinklig geknickt sein; die durch Knickung hervorgebrachte Kante verläuft nach der Längsrichtung der Inoblasten resp. Bindegewebsbündel. Je nach seiner Lage bietet ein solches geknicktes Zellenplättchen eine sehr verschiedene Form. In reiner Profilansicht erscheint dasselbe länglich spindelförmig, in der Flächenansicht als breite, mit einem ovalen gerötheten Kern und einem die geknickte Kante repräsentirenden dunkeln Längsstreifen (Fig. 27 *k*) versehene Platte; der schrägen Lage entsprechen Zwischenstufen; bei Ansicht von der Fläche und Hebung des Focus erscheinen die zufällig aufwärts gerichteten Seitengrenzen des geknickten Plättchens als dunkle Linien, die stärker das Licht brechen, wie die den schmalen Seiten des Plättchens angehörenden Begrenzungen (Fig. 27 *i*). Senkrecht zur Längsaxe durchschnitten zeigt sich das Plättchen meist wie eine mit zwei kurzen Ausläufern und etwas dickerem Zellenkörper versehene Zelle. Seltener sind kurze, platte, unter verschiedenen Winkeln vom Zellenkörper (Hauptplatte, Waldeyer, 1874) abgehende Anhänge vorhanden, die als Nebenplatten bezeichnet worden sind. Die der beschriebenen platten Gestalt entsprechenden Bilder lassen sich an durch Müller'sche Flüssigkeit isolirten Inoblastenkörpern ebenfalls nachweisen; an frei schwimmenden successive in einander überführen; in Holzessig-Präparaten finden sich isolirte Inoblastenkörper mit den geschilderten Knickungen.

Das fibrilläre Bindegewebe enthält zwar stets Inoblasten, doch in verschiedener Anzahl. Einerseits kommen sie in Reihen von hintereinander liegenden länglich-polygonalen Zellplatten vor, andererseits ist die Zusammensetzung des ersteren aus spindelförmigen Inoblasten am bequemsten nachzuweisen, wenn deren Ausläufer nur kurz sind (Rinde des Ovarium, Tuben- und Uterusschleimhaut) und Präparate aus Müller'scher Flüssigkeit zerfasert wurden (Fig. 168).

Die Bindegewebsfibrillen wurden zuerst von C. Krause in der ersten Auflage dieses Werkes (1833) beschrieben; ein Jahr später, nicht gleichzeitig, wie Henle (1841) glaubte, von Jordan und Lauth bestätigt. Von Reichert (1845) wurden sie für Faltungen erklärt, was durch den punktirten Querschnitt der trockenen Sehne widerlegt wird. Die sternförmigen Bilder des mit Säuren behandelten Querschnitts (Fig. 28 *A*) hielt Virchow für Zellen (Bindegewebskörperchen, Virchow'sche Körperchen, Bindegewebszellen, Saftzellen, Saftlücken), wozu die Untersuchung gekochter Sehnen Veranlassung wurde. Da unter dem Ausdruck: Bindegewebszellen häufig solche Querschnitte von Bindegewebsspalten mit wirklichen Zellen zusammengeworfen worden sind, so empfiehlt es sich, die letzteren als Inoblasten zu bezeichnen. Unter: Bindegewebszellen, wenn dieses Wort gebraucht wird, sollen im Folgenden stets die Inoblasten, wirklichen Bindegewebszellen, fixen Bindegewebskörperchen (S. 47) verstanden werden. — Ranvier (1869) schloss aus den Bildern, welche die im gespannten Zustande mit Carmin und Essigsäure behandelte Sehne gibt, auf eine einem Hohlcylinder entsprechende Gestalt der Inoblastenkörper, die geschlossen oder geöffnet sein könnten; im ersteren Falle resultiren spindelförmige, im zweiten plättchenartige Formen. Die angeblich geschlossenen Hohlcylinder sind jedoch nichts weiter, als die Profilansichten der abgeplatteten Zellenkörper. Die Knickung, deren resultirende Kante in der Längsrichtung der Plättchen verläuft, wurde von Boll (1871) übersehen und für einen sog. elastischen Streifen (Fig. 27 *k*) erklärt. Diese Auffassung wurde sogleich von W. Krause mit Adickes (1871), sowie durch Renaut, Ponfick, Ciaccio, Török, Bruce und Güterbock (sämmtlich 1872) widerlegt. Dass keine durch zusammengerollte Zellen gebildete Reihen von Hohlcylindern, die gleichsam Drainröhren vergleichbar wären — welche Aufstellung Ranvier (1871) übrigens später selbst zurückgenommen hat — in der Sehne oder überhaupt im fasrigen Bindegewebe existiren, zeigen am besten Imbibitionen mit Carmin oder Indigo, resp. Injectionen der Sehnen durch Einstich mittelst Leim und Berlinerblau, wie sie von W. Krause (1864) ausgeführt wurden. Auf dem Längsschnitt der getrockneten Sehne erscheinen dann blaue Längsspalten, auf dem Querschnitt aber nicht Kreise, welche gefüllten, Drainröhren ähnelnden Zellenreihen entsprechen würden, sondern sternförmige, blaue anastomosirende Figuren, die ein genaues Abbild der sonst Bindegewebskörperchen genannten Querschnitte von Spalten in ausgedehntem Zustande und gleichsam vergrössertem Massstabe darstellen. Scheinbaren sternförmigen Zellenbildern entsprechende Figuren zeigen Sehnenquerschnitte und fibrilläres Bindegewebe überhaupt, nachdem mit Hülfe von Goldchlorid, Eisensalzen, Schwefelmetallen etc. dunkle Niederschläge in den Interstitien der primären Bündel erzeugt wurden. Eine der ursprünglichen Ranvier'schen Auffassung nahekommende Einrollung der Inoblastenkörper ist noch von Loewe (1874) behauptet worden.

Nachdem bereits Henle (Jahresber. f. 1867, S. 38) und Merkel Ausläufer an einzelnen Inoblastenkörpern wahrgenommen, erwies W. Krause (1871) den Zusammenhang der Bindegewebsfibrillen und Inoblastenkörper als ein allgemeines Princip.

Schneidet man dünnste Scheiben der Quere nach aus der getrockneten Sehne, so erhält man nach Essigsäure-Zusatz theils die erwähnten sternförmigen Figuren des Querschnitts, theils gewundene, bei Anwendung concentrirter Salpetersäure einigermassen an Grosshirn-Gyri erinnernde Bänder, die ihrer Quere nach mit länglichen dunkeln kernähnlichen Körperchen ausgestattet sind. Diese von Donders (1847) beschriebenen Bänder sind weiter nichts als umgerollte Ränder der feinen Querschnittchen, dem Rande eines Schinkentellers auf dessen Seitenansicht vergleichbar, und die scheinbaren Kerne sind Längsansichten der Inoblastenkörper, wie sie den hier vorliegenden äusserst kurzen Längsschnitt-Ansichten entsprechen.

Das **netzförmige Bindegewebe**, reticuläre Bindegewebe, adenoide Gewebe, cytogene Substanz, ist in den Follikeln der eigentlichen Lymphdrüsen und der übrigen, dem Lymphsystem zuzurechnenden Apparate (S. Gefässsystem) überall vorhanden. Ferner findet es sich in grosser Ausdehnung, doch etwas modificirtem Zustande in vielen Schleimhäuten, namentlich in der Nachbarschaft von deren Lymphfollikeln und in den Darmzotten verbreitet.

F. Boll. Arch. f. mikr. Anat. 1871. p. 275.
Ponfick, Centralblatt. 1872. p. 116.
Güterbock. Notiz über die Ranvier'schen Sehnenkörper, Arch. f. mikr. Anat. 1872. p. 282. Bd. 9.
Spina. Untersuch. über d. Bau d. Sehnen, Med. Jahrbücher, Wien. 1873.
Adickes. Zur Histologie d. Bindegewebes. Arch. d. Heilkunde. Bd. 13. 1872.
Krause. Ueber d. Bedeutung d. Bindegew. Deutsche Klinik 1871.

Das netzförmige Bindegewebe besteht aus sternförmigen anastomosirenden Inoblasten mit analogen Kernen, wie im fibrillären Bindegewebe. Erstere stehen einander näher, die relativ kurzen und geradlinigen Ausläufer sind zum Theil dicker, zum Theil sehr fein und verästelt, zum Theil mehr bandartig abgeplattet. Im frischen Zustande sind sie homogen, sehr zart und blass, biegsam; durch sehr verdünnte Säuren und Alkalien quellen sie auf, werden unsichtbar. Die stärkeren sind nicht selten fasrig; in Natron- oder Kalilauge verschwindet diese Faserung, das netzförmige Gerüst der Inoblasten-Ausläufer aber bleibt erhalten, ebenso nach Auswaschen mit Wasser. Erhärten in Chromsäure (0,2—6 %) und Auspinseln zeigt die Kerne der Inoblasten, welche in den Knotenpunkten der anastomosirenden Fasern liegen (Fig. 212). Die Zwischenräume der letzteren füllt eiweisshaltige Flüssigkeit: Lymphe. Aufgeschwemmt enthält dieselbe zahllose Lymphkörperchen (S. Gefässsystem) und Elementarkörnchen. Die ersteren werden durch Auspinseln mechanisch entfernt, durch Alkalien chemisch zerstört; durch beide Methoden erhält man daher das aus Inoblasten bestehende Gerüst isolirt.

In der Umgebung des netzförmigen Bindegewebes findet der Uebergang zu gewöhnlichem fibrillären statt. Die Zwischenräume zwischen den Balken des Fasergerüstes werden allmälig enger, mehr länglichen Spalten entsprechend; die Fasern des letzteren ordnen sich zu dickeren und längeren Faserbündeln, die verhältnissmässig sparsamere Kerne enthalten. Die Ausläufer der Inoblasten sind also länger geworden, haben sich zu feinen Bündeln geordnet, die sich netzförmig durchkreuzen. In den Zwischenräumen liegen noch immer zahlreiche kuglige Körperchen in Lymphe suspendirt.

In der entfernteren Nachbarschaft des netzförmigen Bindegewebes kommt an vielen Stellen der Schleimhäute (Conjunctiva, Submucosa des Magens, Dünndarms und Dickdarms, Darmzotten etc.) eine Substanz vor, die als *lymphadenoides Bindegewebe,* adenoides, cytogenes Gewebe, bezeichnet wird. Die Menge der fasrigen Grundmasse überwiegt, Lymphkörperchen sind zahlreich, aber doch häufig einzeln, jedes für sich, in die Spalten eingelagert. Das Bindegewebe besteht entweder aus dicken, sich durchkreuzenden Faserbündeln (mit elastischen Fäserchen, Conjunctiva) oder aus zarten, mit sehr feinen und verhältnissmässig langen anastomosirenden Ausläufern versehenen Inoblasten (Darmzotten), zwischen denen die Lymphkörperchen nebst Flüssigkeit sich befinden.

Die Lymphe ist während des Lebens in stetem Flusse, ihre Körperchen besitzen amöboide Bewegungen: sie wandern. Beide Thatsachen gelten in schwächer ausgeprägter Form auch für das fibrilläre Bindegewebe; am wenigsten für die Sehne. In letzterer wird die zellenreiche Lymphe der Interstitien des netzförmigen Bindegewebes nur durch ein wenig zähflüssige Eiweisslösung repräsentirt, welche die erwähnte Kittsubstanz der Bindegewebsbündel und einzelnen Fibrillen bildet. Im Unterhautbindegewebe dagegen, wie in allem Bindegewebe, dessen Bündel einander schräg überkreuzen, findet in den Gewebsinterstitien Saftströmung statt, die strömende Gewebsflüssigkeit gelangt in die deutlich als solche erkennbaren Lymphgefässe. Sie enthält sparsame, hier und da verstreute Leukoblasten (S. 8): Lymphkörperchen, die ebenfalls wandern. Sie werden auch als *Leukocyten,* cytoide Körperchen oder als *Wanderzellen,* bewegliche Zellen des Bindegewebes oder *bewegliche Bindegewebskörperchen* im Gegensatz zu den *fixen Bindegewebskörperchen* bezeichnet, welche letzteren den Zellenkörpern der Inoblasten entsprechen.

Hiernach sind die Unterschiede zwischen fibrillärem und netzförmigem Bindegewebe in mancherlei Zwischenstufen verwischt.

Henle (1848) nannte cytoide Körperchen diejenigen Leukoblasten, deren einfache Kerne durch Essigsäure Einschnürungen bekommen und in zwei oder mehrere Körner zerfallen. Solche lassen sich leicht von wirklichen Theilungsformen (S. 19 Fig. 7) unterscheiden, die schon ohne Zusatz oder in sehr verdünnten Säuren erkennbar sind.

Eine besondere Modification des netzförmigen Bindegewebes bezeichnet man als **Gallertgewebe,** Schleimgewebe. Dasselbe kommt beim Erwachsenen nur im Gallertkern der Ligg. intervertebralia vor, und ist hier ein Rest der fötalen Chorda dorsalis; auch der Glaskörper steht diesem Gewebe nahe (S. Auge); häufig aber ist es bei Thieren; beim Neugeborenen in der Wharton'schen Sulze des Nabelstrangs und das Lumen der Paukenhöhle ausfüllend. Bei niederen Thieren sehr verbreitet, ist es besonders deutlich im Schwanz der Froschlarven. Ueberall findet sich ein aus sternförmigen Inoblasten mit anastomosirenden Ausläufern versehenes Gerüst. Dessen Zwischenräume sind mit einer unter dem Microscop homogenen oder hier und da feine Körnchen enthaltenden Masse ausgefüllt. Letztere ist Flüssigkeit, Lymphe, wird von Leukocyten durchwandert, und ihr Aggregatzustand ist mithin nicht festweich, wie man sich wohl auszudrücken pflegt.

Das microscopische Bild des ohne Zusatz untersuchten Präparats gleicht sehr vollständig dem mit Säure behandelten Sehnenquerschnitt (Fig. 28 *A*); nur dass bei ersterem die Körper der wirklich vorhandenen sternförmigen Zellen deutlicher, mehr bauchig und körnig sind, und stets einen Kern besitzen im Gegensatz zu den schlanken, dünnleibigen, häufig kernlosen Zellenleibern des Sehnenquerschnitts, die in Wahrheit Querschnitte der Spalten zwischen den Sehnenbündeln repräsentiren.

Besonders dieses Gallertgewebe hat Veranlassung gegeben, das Bindegewebe als aus Zellen und Intercellularsubstanz bestehend aufzufassen. Die ersteren wurden als sternförmig betrachtet, wie sie es an den zuletzt genannten Orten wirklich sind, und wie sie in den Sehnen und allem fibrillären Bindegewebe auf Grund von gekochten oder mit Säuren behandelten Präparaten irrthümlich angenommen werden (Virchow und sehr viele Andere). Unter diesen Umständen schien es von geringerer Wichtigkeit, ob die Intercellularsubstanz mehr flüssig, festweich oder fest und fibrillär erschien.

Nun existirt aber in allem Bindegewebe keine Intercellularsubstanz, mit Ausnahme der durchtränkenden Gewebsflüssigkeit, Lymphe. Wie oben gezeigt wurde, sind die Bindegewebsfibrillen Zellenausläufer, Fortsätze der Inoblastenkörper. Diese Anschauung ergibt ohne Weiteres befriedigende Homologie des fibrillären Bindegewebes, mit den Fasern resp. Zellenausläufern des netzförmigen und granulirten Bindegewebes, sowie den kurzen Inoblasten-Ausläufern, wie sie z. B. die Tuben- und Uterusschleimhaut (S. letztere) zusammensetzen. Sie wird ferner durch die Entwicklungsgeschichte des Bindegewebes bestätigt. Und ebenso durch die vergleichende Histologie, indem sich wenigstens im interstitiellen Bindegewebe beim Frosch der Uebergang protoplasmatischer Bindegewebszellen in feine Fasern mit indifferenten Zusatzmitteln leicht constatiren lässt.

Ursprünglich rundliche Zellen, von den Furchungskugeln abstammend und wie Leukoblasten beschaffen, werden bald zu länglichen, spindelförmigen Zellen in der Sehne, mehr sternförmigen in anderen fibrillären und netzförmigen Bindegeweben. In letzteren verharren sie auf dieser Stufe; in ersteren wachsen sie bedeutend in die Länge, ihre Ausläufer fasern sich zu feinsten Fibrillenbündeln auf oder ordnen sich zu den primären Bindegewebsbündeln. Es fragt sich aber, wie man sich die Entstehung der leimgebenden Substanz, also der eigentlichen Fibrillen, zu denken hat. Entweder kann dieselbe von den ursprünglich protoplasmatischen Zellkörpern der Inoblasten secernirt werden, wobei das Secret der Zelle secundär gerinnen müsste, ungefähr wie ein Spinnenfaden. In diesem Falle würde die alte Betrachtungsweise der Grundmasse des Bindegewebes als Intercellularsubstanz in gewisser Hinsicht Recht behalten: nur würde die Ausscheidung der leimgebenden Substanz ausschliesslich in der Längsrichtung der Inoblasten, nicht nach der Quere stattfinden. Oder die Ausläufer der in die Länge wachsenden spindelförmigen Zelle wären anfangs protoplasmatisch und würden secundär in leimgebende Fibrillen umgewandelt. Beide Annahmen laufen ziemlich auf dasselbe hinaus, da beide jedenfalls eine vorhergehende Stoffaufnahme, Assimilirung der Substanz, aus welcher die spätere Fibrille wird, Seitens der Inoblastenkörper voraussetzen. Für die letztgenannte spricht aber die Art, wie man sich die Bildung des Knochengewebes (S. Knochenwachsthum) zu denken pflegt. Eine dritte etwas modificirte Meinung geht dahin, dass jede Zelle einen Theil der Länge von mehreren an ihr vorbeistreichenden späteren Bindegewebsfibrillen bildet oder liefert, wobei freilich unerklärlich bleibt, wie die an einander stossenden Endstücke solcher kurzer Fibrillen genau zusammentreffen und verschmelzen können.

Granulirtes Bindegewebe. Als Grundlage des Gehirns und Rückenmarks, ferner in der Retina findet sich eine im frischen Zustande feinkörnig aussehende Substanz. Auch bei den stärksten Vergrösserungen (1800—2000) sind im überlebenden Zustande feinste und ein wenig grössere Elementarkörnchen sichtbar. Nach Maceration in sehr verdünnten Chromsäure-Lösungen, ferner in Müller'scher Flüssigkeit lassen sich Inoblasten isoliren. Hier sind dieselben spindelförmige oder längliche abgeplattete Zellen mit homogenen Zellkörpern, länglich-ovalem abgeplattetem Kern und sehr zahlreichen und feinen starren Ausläufern, die theils von den Enden der Zellen, theils von ihren Flanken, welche letzteren auch mit kurzen spitzen Zacken besetzt sein können, entspringen. Wenn die Ausläufer in besonders grosser Anzahl vorhanden sind, werden

diese Inoblasten auch wohl *Spinnenzellen* genannt. Alle die erwähnten Ausläufer durchkreuzen sich mit andern benachbarter Zellen, verschmelzen auch mit solchen, und so entsteht ein sehr enges Netzwerk, dessen punktförmige runde Maschen die beschriebenen Elementarkörnchen enthalten. Das granulirte Bindegewebe wird, wie das übrige, von Lymphkörperchen durchwandert.

Elastisches Gewebe.

Dasselbe kommt in vier Modificationen vor: als elastische Fasern, elastische Netze und elastische Membranen, welche letzteren *durchlöchert* sein können. Die Fasern und Netze verhalten sich im polarisirten Lichtstrahl, wie Bindegewebsfibrillen (S. 43); doch werden diese optischen Eigenschaften erst nach dem Trocknen des Gewebes deutlich; was die Membranen anlangt, so scheinen sie allzu dünn zu sein, um deutliche Doppeltbrechung erkennen zu lassen.

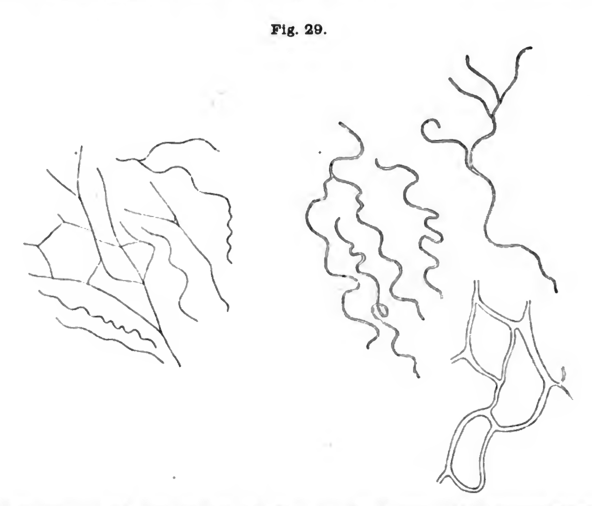
Elastische Fasern. Behandelt man fibrilläres Bindegewebe mit Säuren oder Alkalien, so bleiben in dessen homogener Grundsubstanz elastische Fasern übrig. Der grossen und vollkommenen Elasticität derselben verdanken die gleiche Eigenschaft alle bindegewebigen Häute, welche reich an elastischen Fasern sind. Letztere können einen überwiegenden Bestandtheil des Gewebes ausmachen, oder einzeln zerstreut im Bindegewebe vorkommen: ersteres ist in den Ligg. flava der Wirbelsäule, Lig. nuchae, Ligg. vocalia, stylohyoid., suspens. penis; in geringerem Grade in manchen Fascien der Fall; letzteres z. B. in den Sehnen. Im ersten Fall sind die elastischen Fasern zugleich von stärkerem Kaliber, in letzterem sehr fein, nicht dicker als manche Bindegewebsfibrillen. Die feinen elastischen Fasern (Kernfasern, seröse Fasern) sind in allem fibrillären Bindegewebe verbreitet; besonders in den serösen Häuten, Blutgefässen, Lymphgefässen und Drüsen-Ausführungsgängen. Sie verlaufen korkzieherartig gewunden ähnlich langen lockigen Hobelspähnen, theils einander ziemlich parallel, theils sich überkreuzend, sie sind drehrund, stark lichtbrechend; ihre Länge ist unbeträchtlich, z. B. 1 Mm. betragend. An beiden Enden hören sie meist zugespitzt oder stumpf-abgerundet auf, theilen sich häufig dichotomisch und die Ausläufer, die von derselben Dicke, wie die Stammfaser zu sein pflegen, anastomosiren mit denen benachbarter elastischer Fasern. So entstehen weitmaschige, aus feinen Fasern bestehende Netze (Fig. 29), die beim Kochen des Bindegewebes mit verdünnten Alkalien allein übrig bleiben, übrigens auch z. Th. von sich durchkreuzenden, nicht anastomosirenden Fasern gebildet werden. Am spärlichsten sind Anastomosen in parallel- und strafffasrigem Bindegewebe, namentlich in dem der Sehnen vorhanden.

Die elastischen Fasern bleiben nicht nur in den gewöhnlichen Säuren und Alkalien, wie gesagt auch beim Kochen, sondern in fast allen Reagentien resp. bei den üblichen Behandlungsmethoden unverändert und lösen sich erst in concentrirten fixen Alkalien beim Kochen, oder bei längerer Anwendung von verdünnten in der Wärme; ferner in concentrirter Schwefelsäure oder Salpetersäure. Durch salpetersaures Quecksilberoxyd, welches salpetrigsaures Quecksilberoxydul gelöst enthält, färben sie sich roth, nicht aber mit Rohrzucker und Schwefelsäure. Mit salpetersaurem Silberoxyd werden die Fasern und Fasernetze schwarz von reducirtem Silber, das sich mit der Fasersubstanz (Elastin) verbindet, ebenso reducirt ihre Substanz Goldchlorid in seiner Lösung. Aus Silberpräparaten erhält man Bilder, die mit Endothelien, welche aus länglich-polygonalen Zellen bestehen würden, grosse Aehnlichkeit haben; doch sind Kerne in den scheinbaren Endothelzellen durch kein Mittel sichtbar zu machen, auch sind die Zellenbegrenzungen zackiger, als bei wirklichem Endothel oder

X G. Schwalbe, Beiträge zur Kenntniss des elastischen Gewebes, Zeitschrift f. Anat. u. Entwicklungsgeschichte von His u. Braune, Bd. II, Hft. 3 u. 4, p. 236. 1876.

Plattenepithel. Die durch Goldchlorid erzeugte Färbung ist braunschwarz bis tief blauschwarz, je nach der Concentration.

Fig. 29.



Frisch, mit Natron. V. 500. Links feine elastische Fasern aus dem Peritoneum. Rechts elastische Fasern und rechts unten elastisches Netz aus dem Unterhautbindegewebe.

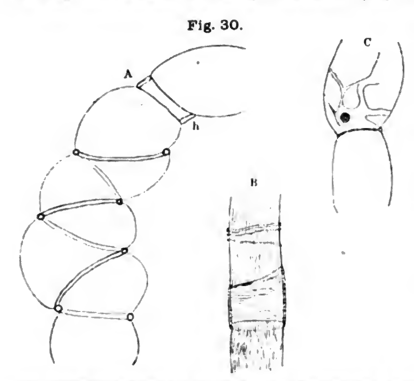
Die starken elastischen Fasern, von 0,05—0,1 Durchmesser, kommen gemischt mit den feinen vor und verlaufen dann wie letztere (Fig. 29). In mehr paralleler Anordnung bilden sie elastische Bänder oder Streifen und sind mehr wellig gebogen, weniger stark geschlängelt. Ihr Querschnitt ist nicht kreisförmig, sondern abgerundet, drei- und mehrseitig, sein Centrum ist hell, die Contour dunkel, was aber nur Ausdruck des hohen Brechungsindex ist, und keine Höhlung bedeutet. Mag das elastische Gewebe noch so sehr überwiegen; stets ist ein wenig Bindegewebe: Inoblasten mit ihren Ausläufern. zwischen seinen Fasern vorhanden.

Im fibrillären Bindegewebe verlaufen die feinen elastischen Fasern zwischen den primären Bündeln in deren Interstitien. In manchem Bindegewebe weichen aber diese Bündel weit aus einander, sind durch grössere unregelmässige mit eiweisshaltiger Flüssigkeit gefüllte Räume von einander getrennt. Dies gilt namentlich vom Subarachnoidealraum, ferner kommt es an einzelnen Stellen hier und da im subcutanen Bindegewebe vor. Unter solchen Verhältnissen sind die elastischen Fasern unmittelbar an die Oberfläche der primären Bindegewebsbündel angelagert, sie umspinnen dieselben ringförmig und in grosser Anzahl vorhanden bilden sie förmliche Scheiden. Die microscopischen Bilder werden dadurch einigermassen complicirt.

Es hängen nämlich die elastischen Fasern dieser Bündel mit Zellen zusammen, die sternförmig, platt mit mehreren Ausläufern, welche eben die

elastischen Fasern sind, die Bündel, deren Oberfläche sie angelagert, in schrägtransversaler Richtung umgreifen (Fig. 30 *C*). Die Zellenkörper färben sich durch Carmin, und halten dasselbe in Essigsäure nebst Glycerin fest; sie besitzen längsovale platte Kerne, die nicht immer deutlich sind. In anderen Fällen sind die elastischen Fasern sehr zahlreich; fast rein quer verlaufend bilden sie eine elastische Scheide, die es bewirkt, dass die Bündel in der Oberflächen-Ansicht fein quergestreift erscheinen, an ihrem Rande aber eine feine Punktirung, letztere in einfacher oder mehrfacher Reihe zeigen: die Punkte (Fig. 30 *B*) sind optische Durchschnitte der umspinnenden elastischen Fasern und namentlich an Osmiumsäure-Präparaten deutlich, aber auch am frischen Object mit Serum oder Wasser.

Fig. 30.



Drei Bindegewebsbündel der Arachnoidea von der Gehirnbasis mit ihren Scheiden. V. 600. *A* Ein Bündel frisch mit Essigsäure gequollen und die Scheide eingerissen, bei *h* ist sie ringförmig, im übrigen Theil des Bündels gleicht sie einer umwickelnden Spiralfaser. *B* Nach Einlegen in 1% Osmiumsäure. Die Scheide besteht aus elastischen Fasern, deren Querschnitte am Rande des Bündels als feine Punkte erscheinen. *C* Mit Carmin und Essigsäure; eine sternförmige Zelle mit gefärbtem Kern liegt auf dem Bündel.

Endlich kommen continuirliche elastische Scheiden vor, die dünn, homogen, an manchen Stellen durchbrochen, als Verbreiterungen der beschriebenen elastischen Zellenausläufer aufzufassen sind, welche mit denen benachbarter sternförmiger Zellen desselben Bündels anastomosiren. Locale Verdickungen solcher Scheiden bilden einen Uebergang zu den ersterwähnten elastischen Fasern.

Behandelt man die fraglichen Bündel mit verdünnten Säuren, z. B. Essigsäure, so erhält man bei allen drei Modificationen der elastischen Scheiden einander sehr ähnliche Bilder. Die Substanz der Bündel quillt beträchtlich auf, sie wird von den unveränderten elastischen Fasern ringförmig eingeschnürt, in deren Zwischenräumen baucht sie sich mächtig hervor. Auf solche Art entsteht das Bild von *umspinnenden Spiralfasern* elastischer Natur und je nach den Umständen erscheinen am Rande der Bündel an den eingeschnürten Stellen entweder scharf contourirte, kreisförmige Punkte: optische Durchschnitte der umspinnenden Zellenausläufer (Fig. 30 *A*), die mithin wirkliche Fasern darstellen, oder längslaufende schmale helle Linien: die optischen Durchschnitte der mehr vollständigen Scheiden (Fig. 30 *B*). Diejenigen Bündel, welche zahlreiche ringförmige elastische Fasern aufzuweisen haben, bieten öfters Stellen dar, wo letztere erheblich zusammengerückt sind und somit auch ein kurzes, stark gerunzeltes Bruchstück einer continuirlichen Scheide herzustellen scheinen. Dieses Verhalten zeigt sich namentlich in Osmiumsäure (1%), in welcher die Bündel ihre cylindrische Gestalt bewahren.

Ein lange geführter Streit, ob die Essigsäure-Bilder von umspinnenden Fasern (Henle, 1841) oder continuirlichen aber eingerissenen elastischen Scheiden (Reichert, 1852) herrühren, hat dahin seine Erledigung (Boll, 1871) gefunden, dass Beides vorkommt. Loewe (1874) betrachtet die Inoblastenkörper als homogen und stets in eine amorphe elastische Scheide (Tendilemma) eingebettet, welchen Körpern die Kerne und das die

Es ist eine Beschreibung dieses Verhältnisses bei Key u. Retzius, Jahresbericht von Virchow u. Hirsch, 1874, p. 15 (Resumé von Gerlach).

letzteren umgebende feinkörnige Protoplasma äusserlich aufgelagert wären. An den Sehnen der Rattenschwänze, von welchen diese Bilder hergenommen sind, hat man häufig mit äusseren Oberflächen ganzer Sehnen zu thun, welche letzteren äusserst dünn sind und von Sehnenscheiden (S. Muskelsystem) umgeben werden.

Das elastische Gewebe entsteht aus Zellen, die den Inoblasten gleichwerthig sind; einige der ursprünglich im Bindegewebe vorhandenen Zellen senden Ausläufer aus, deren Substanz sich in Elastin umwandelt, während die meisten zu leimgebender Substanz werden. Eine frühere Ansicht, wonach die feinen elastischen Fasern (Kernfasern Henle, 1841) aus Kernen (Inoblastenkörpern) hervorwachsen sollten, ist längst widerlegt. Manche aber glauben, dass die elastischen Fasern in den Sehnen etc. mit den Inoblasten im Zusammenhange ständen, was ebenfalls irrthümlich ist. Dass sie nicht aus einer Ausscheidung, die in der Grundsubstanz ohne anatomischen Zusammenhang mit Zellen entsteht, sich bilden (Henle, 1851), zeigt die Untersuchung des Nackenbandes junger Embryonen: durch Kochen mit Kalilauge zerstört man die Zellenkörper, mit denen sie zusammenhängen, während in Müller'scher Flüssigkeit die Continuität sich erhält (Nackenband des jungen Hundes). Dass die elastischen Fasern nicht hohl sind (v. Recklinghausen 1862, Saftzellen Kölliker 1863), beweist der Querschnitt des getrockneten oder gefrorenen Nackenbandes erwachsener Rinder, welches sich durch starke Entwicklung des elastischen Gewebes, Zurücktreten der Grundsubstanz, Dicke seiner elastischen Fasern auszeichnet. Nach Silberbehandlung wird ihre Oberfläche zuerst durch einen körnigen Niederschlag gefärbt. — Wie Wagener (1872) angibt, wären die dicken elastischen Fasern des Nackenbandes und der Aorta aus feinsten Fibrillen zusammengesetzt.

Elastische Fasernetze. Dieselben bestehen theils aus breiteren, abgeplatteten elastischen Fasern, welche stellenweise rundliche Löcher enthalten können: sie gehen aus anastomosirenden Zellen hervor; theils stellen sie continuirliche aber von grösseren rundlichen oder ovalen Lücken durchbrochene Membranen dar, die eine analoge Entstehung haben. Sie finden sich in der Intima einiger Arterien (Fig. 178).

Elastische Membranen. An vielen Orten findet man glashelle continuirliche Membranen, welche die Eigenschaften des elastischen Gewebes theilen. Sie sind glashell (Glasmembranen), homogen, stark lichtbrechend, sehr vollkommen elastisch, daher abgelöste Fetzen sich zusammenzurollen pflegen. Resistent gegen verdünnte Säuren und Alkalien, färben sie sich mit Zucker und Schwefelsäure oder Millon'schem Reagens (salpetersaures Quecksilberoxyd, welches beigemengtes salpetrigsaures Quecksilberoxydul in wässriger Lösung enthält) wie eiweissartige Körper (S. auch S. 49). Solche Membranen bilden Begrenzungen von Epithelmassen (z. B. Linse) oder Epithellagen (z. B. hinteres und vorderes Epithel der Cornea); man betrachtet sie meist als Ausscheidungen des unterliegenden Bindegewebes oder jener Zellengruppen. Andere bei schwächeren Vergrösserungen ähnlich aussehende Begrenzungen der bindegewebigen Häute gegen das Epithel erweisen sich unter stärkeren optischen Hülfsmitteln zum Theil als von der beschriebenen (S. 24) Zähnelung und Einzahnung der Basalzellen resp. ihrer Fussplatten herrührend. Alle solche Begrenzungen werden *Basalmembranen*, Grenzhäutchen, genannt. Die Structurlosigkeit derselben, sowie der selbständigen elastischen Membranen ist entweder nur scheinbar und nur im frischen Präparat vorhanden oder wenigstens für die jetzigen Hülfsmittel unauflösbar. Von manchen (Darmkanal, Zotten, Schleimhaut der Harnblase, Luftröhre, grössere Bronchien etc.) ist es nachgewiesen, dass sie nach Silberbehandlung aus endothelartigen Zellen, die übrigens den Werth von Inoblasten haben, zusammengesetzt sich zeigen. Ebenso sind andere früher hierher gerechnete sog. structurlose Membranen der Drüsen-Acini und Drüsenschläuche in Wahrheit aus ähnlichen Zellen zusammengesetzt (S. 41).

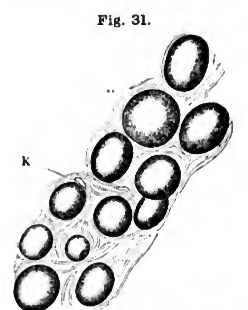
Die beschriebenen, bestimmt characterisirten Formen des Bindegewebes und des elastischen Gewebes sind nicht die einzigen, welche vorkommen. Es gibt an manchen Stellen des Körpers amorphe, homogene oder undeutlich körnige Massen, Membranen, ausserdem auch starre geradlinige oder gewundene Fasern, welche Gebilde alle gewöhnlich mehr oder weniger zahlreiche länglich-ellipsoidische Kerne eingelagert enthalten. Sind solche Bildungen wenig resistent, durch Fäulniss, Säuren oder Alkalien erblassend oder sich auflösend, so rechnet man das betreffende Gewebe zum Bindegewebe; ist das

Entgegengesetzte der Fall, zum elastischen Gewebe (z. B. die Intima der Blutgefässe). Wie feinere Hülfsmittel lehren, ist die Complicirtheit des Bau's gewöhnlich eine grössere, als es auf den ersten Blick scheint: die vorausgesetzte Homogenität besteht nicht — es liegen Mischungen verschiedener Formelemente vor, die theils dem einen, theils dem anderen Gewebe angehören — die scheinbar freien Kerne erweisen sich mit Zellenkörpern umgeben — und letztere mit Ausläufern versehen, welche die Grundsubstanz ganz oder theilweise zusammensetzen — u. s. w. Im Allgemeinen ist vorauszusetzen, dass die erwähnten Kerne den Inoblastenkernen oder den Kernen der Bildungszellen des elastischen Gewebes homolog sind.

Fettgewebe.

Die Masse des Fettes, Adeps, macht etwa den zwanzigsten Theil des Gewichts des ganzen Körpers aus. Es ist gelblich, von fadem Geschmacke, geruchlos, flüssig wie dickes Oel, schmilzt bei 25^0, und wird nach dem Tode theilweise fest, hat ein spec. Gew. von 0,924—0,932. Es besteht aus Tripalmitin, Tristearin und Trioléin; erstere werden durch das bei geringerer Temperatur und schon bei ca. 0^0 flüssige Trioléin in Lösung erhalten; und scheiden sich nach dem Erkalten theilweise in sternförmigen Drusen nadelförmiger Prismen aus. Das Fett ist in ellipsoidischen *Fettzellen* enthalten, welche (S. 15) schon genauer beschrieben wurden. Sie bilden sich aus Inoblasten, die, anstatt Ausläufer auszusenden, Fett in sich aufnehmen und, anfangs mehr eckig, bei pallerer Füllung der Kugelgestalt zustreben, resp. ellipsoidische Form bekommen. Es sind Cytoblasten mit wandständigem Kern; sie bestehen aus einer Membran, die als geronnene Grenzschicht des Protoplasma aufzufassen ist und an ihrer Innenseite noch einen Rest von solchem enthalten kann. Die Fettzellen sind stets zu kleineren Gruppen oder Träubchen vereinigt, welche von Bindegewebsfibrillen (Fig. 31) umhüllt werden; zwischen ihnen verbreiten sich Capillargefässe in polygonalen Maschennetzen; an den stärkeren Capillaren hängen die Fettträubchen wie Beeren an einem Stiel. Zahlreiche solche Gruppen sind in allen fettreichen Gegenden des Körpers zu grösseren mit blossem Auge sichtbaren Läppchen vereinigt. Letztere bestehen selbst aus kleineren Läppchen und zerfallen wieder in die erwähnten microscopischen Gruppen.

Fig. 31.



Ovale Fettzellen zwischen Bindegewebsfibrillen eingelagert. V. 300. *k* Kern einer Fettzelle.

Das Fett füllt Ungleichheiten aus, erleichtert als weiches Polster die Bewegungen der Organe, vermindert als schlechter Wärmeleiter theilweise die Wärme-Abgabe an die Aussenwelt; es ist am reichlichsten im Unterhautbindegewebe, Panniculus adiposus, angehäuft, ferner in der Umgebung sehr beweglicher und empfindlicher Organe (Auge), oder um solche, die der Abkühlung sehr ausgesetzt sind (Mamma). Ansehnlichere Fettmengen finden sich in den Augenhöhlen, im Wirbelkanal, in den Cava mediastinorum, in der Bauchhöhle, am Mons pubis, in den tieferen Gruben zwischen den Muskeln, der Achselhöhle und Kniekehle, ferner am Gesäss. Dagegen fehlt es gänzlich oder fast gänzlich in der Schädelhöhle, an den Augenlidern,

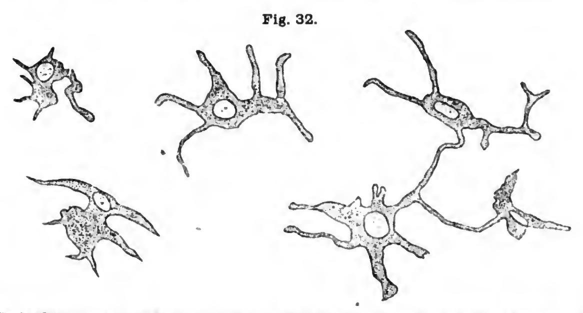
am Hodensack, Penis, Clitoris und Nymphen, und ist unter der Kopfhaut, an dem äusseren Ohr, Nase und Lippen nur in sehr geringer Quantität vorhanden.

Bei Thieren, namentlich in jüngeren Stadien, sind oft mehrere kleine statt eines grossen Fetttropfens in der Fettzelle enthalten.

Pigmentgewebe.

An einigen Körperstellen, namentlich in der Suprachoroidea, der Innenfläche der Sclera, in der Iris, im Periost der knöchernen Schnecke in der Pia mater des verlängerten Markes und angrenzenden Theiles des Rückenmarks finden sich Inoblasten, die in *sternförmige Pigmentzellen* (Fig. 32), Chromatophoren, um-

Fig. 32.



Sternförmige Pigmentzellen der Suprachorioidea mit hellen Kernen und anastomosirenden Ausläufern. Mehrtägiges Einlegen in Müller'sche Flüssigkeit. V. 600.

gewandelt sind. Dies geschieht durch Aufnahme von Pigment, während die Ausläufer im Verhältniss zu den Bindegewebsfibrillen an Länge sehr zurückbleiben. Sie haben drei, vier oder mehr Ausläufer, die nicht viel länger sind, als der Zellenkörper selbst, auch kürzer sein können; sie enthalten bräunliche, undeutlich krystallinische, aus *Melanin* (Fig. 11) bestehende Pigmentkörnchen und einen (oder zwei) eiförmigen, stets farblosen Kern. Die Melaninkörnchen sind in concentrirten Säuren und auch in Alkalien unlöslich; in concentrirten Kali- oder Natron-Lösungen werden sie erst nach längerer Zeit aufgelöst, zerstört wird das Pigment ferner durch chlorsaures Kali und Salpetersäure, Chlorgas, Maceration in verdünnter Salpetersäure und nachträglicher Behandlung mit verdünnten kohlensauren Alkalien. Sind die Pigmentzellen zahlreich vorhanden, so bedingen sie eine mit blossem Auge wahrnehmbare bräunliche oder schwärzliche Färbung der betreffenden Theile.

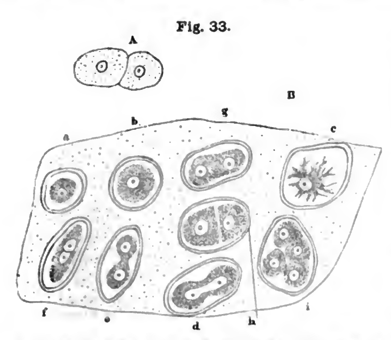
Bei Thieren sind sternförmige Pigmentzellen viel verbreiteter; bei Säugethieren in der Haut, z. B. des äusseren Ohres, in Schleimhäuten z. B. der Conjunctiva bulbi, bei Amphibien und Reptilien in fast allem Bindegewebe. Sie sind contractil, können auch wandern, sollen z. B. in Blutgefässe einwandern oder wieder auswandern. Sie bedingen den unter dem Einfluss des Nervensystems stehenden Farbenwechsel in der Haut des Chamäleon, Frosches u. s. w Manche Zellen enthalten gelbes oder röthliches Pigment. Uebrigens ist nicht jede beim Menschen im Bindegewebe vorkommende eckige Pigment-Anhäufung als sternförmige Zelle zu deuten; es gibt auch ähnliche aber unregelmässigere und kernlose Pigment-Anhäufungen in den Interstitien der Bindegewebsbündel, namentlich an den gefärbten Stellen der äusseren Haut und in der ganzen Haut bei farbigen Menschenracen. Wirkliche Pigmentzellen finden sich übrigens auch in der Negerhaut in den Interstitien der Bindegewebsbündel.

Die *polygonalen Pigmentzellen* des Auges gehören den Epithelien an und wurden bereits (S. 28) geschildert.

Knorpelgewebe.

Der Knorpel, Cartilago, Chondros, ist fest und hart, jedoch weicher als der Knochen, so dass er leicht mit dem Messer sich schneiden lässt; ziemlich trocken, glatt, von milchweisser, öfters leicht bläulicher oder von gelblicher Farbe; in dicken Stücken undurchsichtig, in dünnen Blättern durchscheinend. Er besitzt grosse und ziemlich vollkommene Elasticität, welche sich vorzüglich bei angebrachtem Drucke äussert; wogegen er bis zu einem gewissen Grade gebogen quer durchbricht. Im Innern hat er keine dem blossen Auge sichtbaren Höhlungen und bietet ein überall gleichartiges dichtes Gefüge dar: enthält aber, ausser sehr sparsamen Gefässen innerhalb einzelner mit Bindegewebe erfüllter Spalten, eine grosse Menge von Knorpelkörperchen eingelagert in eine Grundmasse. Erstere sind in allen Knorpeln dieselben; nach den Verschiedenheiten der letzteren zerfallen die Knorpel in hyaline, elastische und Faserknorpel. Nach den besonderen Beziehungen zu Nachbartheilen unterscheidet man Gelenkknorpel, welche die Gelenkenden der Knochen überziehen; Knorpel der Synchondrosen, von denen letztere Verbindungen (S. Knochensystem) wesentlich gebildet werden und Organenknorpel, die sich in zusammengesetzten Organen finden und denselben ihre Form und physicalischen Eigenschaften verleihen (Nase, Ohr u. s. w.); meistens stellen die Knorpel relativ dünne gebogene Scheiben oder Platten dar, was auch von den letztgenannten gilt.

Fig. 33.



A. Polygonale Zelle aus einer Magensaftdrüse in Theilung begriffen, bereits mit zwei Kernen versehen. V. 600. *B.* Hyaliner Knorpel der Tibia vom Neugeborenen, Schnitt mit Wasser, schematische Zusammenstellung, V. 1000. Die Zellen sind von Knorpelkapseln umgeben, die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels enthält einige feine Körnchen; die Zellen sind stark körnig. *a* Zelle, die sich weit von ihrer Kapsel zurückgezogen hat. Bei *b* ist die Distanz geringer. *c* Sternförmige Knorpelzelle. *d* In die Länge gezogener Kern, Anfang der Kerntheilung. *e* Zwei Kerne in einer eingeschnürten sanduhrförmigen Zelle. *f* Längliche Zelle mit zwei Kernen. *g* Die Kerne sind weiter auseinander gerückt. *h* Knorpelkapsel, die zwei und *i* eine solche (sog. Mutterzelle), die vier Knorpelzellen enthält.

Die *Knorpelkörperchen* (Fig. 33) bestehen aus einer Schale von stark lichtbrechender, homogener, mitunter concentrisch geschichteter, im hyalinen Knorpel an ihrer Aussenfläche mit dessen Grundsubstanz verschmelzender, chondringebender Knorpelsubstanz. Innerhalb dieser Schale, *Knorpelkapsel,* befindet sich eine mit Flüssigkeit gefüllte Höhlung*, welche die Gestalt des Knorpelkörperchens nachahmt, meist rundlich oder ellipsoidisch, auch mehr oder weniger abgeplattet und in die Länge gezogen, ist, und in ihrer Höhlung die eigentliche Knorpelzelle, *Chondroblast*, enthält. Die Chondroblasten sind rundlich, besitzen ein eiweisshaltiges, durch Zucker mit Schwefelsäure roth, durch Jod bräunlich sich färbendes und wenigstens ursprünglich contractiles Protoplasma. Sie können daher sternförmig (Fig. 33 c) erscheinen, Ausläufer aussenden, welche die Wand der Knorpelkapsel nicht zu erreichen pflegen

*E. Neumann meint dass Knorpelhöhlen zu keiner Zeit existiren und dass der täuschende Anschein von Hohlräumen im Knorpel darauf beruht, dass im nächsten Umfange der Knorpelzellen die hyaline Grundsubstanz des Knorpels sich in ihrem Lichtbrechungsvermögen von wässerigen Flüssigkeiten nicht unterscheidet. Bemerkungen über das Knorpelgewebe und den Ossificationsprocess. Arch. d. Heilkunde Bd. 11, 1870, S. 414.
E. Neumann. Die Jodreaktion d. Knorpel- u. Chorda-Zellen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. p. 54. 1877. Knorpelzellen färben sich mit Jod

Ausser einem eiförmigen oder nierenförmigen Kern mit einem, seltener mehreren Kernkörperchen enthält das Protoplasma manchmal viele Fettkörnchen, die oft zu einem, auch zu mehreren grösseren Tropfen zusammenfliessen. In einer Knorpelkapsel, deren Grösse dann viel beträchtlicher ist, und die als *secundäre Knorpelkapsel* bezeichnet wird, befinden sich öfters mehrere: 2—4—8 aus successiver Theilung entstandene Chondroblasten: mit eigenen primären Knorpelkapseln: dieselben nebst der umschliessenden secundären Knorpelkapsel werden *secundäre Knorpelkörperchen,* Mutterzellen, genannt.

Knorpelkörperchen mit mehreren Chondroblasten wurden früher irrthümlich als Mutterzellen (S. 21), welche durch endogene Zellenerzeugung entstandene Tochterzellen enthalten, aufgefasst. Es wird angenommen, dass durch Verschmelzung der Knorpelkapsel solcher Mutterzellen mit der umgebenden Grundsubstanz und Bildung neuer Kapseln um die einzelnen Tochterzellen neue Knorpelkörperchen entstehen.

Hyaline Knorpel* sind von milchweisser, oft leicht bläulicher Farbe, durchscheinend und in dünnen Schnitten durchsichtig, vorzüglich an der Peripherie des Knorpels: härter und weniger biegsam als die gelben Knorpel; das spec. Gew. 1,0883—1,095. Zu diesen Knorpeln gehören: Gelenkknorpel, Rippenknorpel, Synchondrosenknorpel, die Knorpel der Gehörknöchelchen, Tuba Eustachii z. Th., der äusseren Nase, des Kehlkopfes z. Th., nämlich die Cartt. thyreoid., cricoid., arytaenoid., der Luftröhre und ihrer Aeste; endlich die Knorpel am Sulcus hamuli pterygoid. und oss. cuboid., sowie am Calcaneus oberhalb des Tuber calcan. und an der Incisura isch. min.

Von diesen Knorpeln findet man nach der Mitte des Lebens die Rippenknorpel, namentlich die oberen, die Cartt. thyreoid. und cricoid., stellenweise verkalkt oder verknöchert; seltener die Cartt. arytaenoid. und die Trachealknorpel. Der Anfang der stets im Innern des Knorpels beginnenden Verknöcherung gibt sich durch grössere Härte, Zunahme des spec. Gew. z. B. auf 1,1390, grösseren Gefässreichthum und Bildung einer Substantia spongiosa, Knorpelmark, zu erkennen, welches aus Bindegewebe, Gefässen, Fettzellen, Leukoblasten besteht. Die Knochenkörperchen des verknöcherten Knorpels sind klein, ihre Osteoblasten granulirt, ebenso die Grundsubstanz selbst (S. Knochenwachsthum); im verkalkten Knorpel werden die Kalksalze anfangs als krümlige Infiltration in den Knorpelkapseln abgelagert, später auch in die Grundsubstanz selbst.

Die Grundsubstanz (Fig. 33) des hyalinen Knorpels gibt beim Kochen Chondrin. Sie ist keineswegs vollkommen homogen, sondern zeigt schon im frischen Zustande feinste Elementarkörnchen und auszupressende Flüssigkeit; sie vermag Zinnoberkörnchen in sich aufzunehmen. Mehrstündiges Kochen im Papin'schen Topf (J. Hoppe, 1853) oder mehrtägige Maceration in ziemlich concentrirter Lösung von übermangansaurem Kali resp. 10 %igem Chlornatrium lässt die genannte Substanz in feine parallele Fasern und kleine Bündel von solchen zerlegen. Die anscheinende Homogenität sowie ihre Durchsichtigkeit beruht darauf, dass die Fasern sehr eng an einander gepresst liegen. Wird der Kitt, der sie im frischen Zustande verbindet, durch die erwähnten Hülfsmittel aufgelöst, so fallen die in Gelenkknorpeln im Allgemeinen senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Fasern aus einander. Alsdann zeigt sich eine bemerkenswerthe Aehnlichkeit mit fibrillärem Bindegewebe. In einigen Knorpeln (Rippenknorpel, Cartilago thyreoidea) ist ein fasriger Bau hier und da schon im frischen Zustande zu erkennen. — Die Grundsubstanz löst sich nach mehrstündiger Maceration in Schwefelsäure; im Uebrigen ist sie gegen Säuren oder Alkalien resistent.

Die Grösse der Knorpelkörperchen ist sehr verschieden; am grössten sind natürlich die secundären, welche besonders in diesen Knorpeln vorkommen; an einigen Stellen liegen die ersteren mehr gehäuft, einander beinahe berührend; an anderen mehr vereinzelt, bis zu 0,1 von einander entfernt; näher der Peripherie des Knorpels sind sie sparsamer vorhanden und mehr plattgedrückt, spindelförmig; im Innern zahlreicher und mehr oval oder rundlich-eckig. Im Allgemeinen finden sie sich theilweise in einer dünnen peripherischen Schicht zu einigen mit der Oberfläche des Knorpels parallelen Lagen (Fig. 34 *a*) geordnet; meistentheils sind sie mit ziemlich gleichen Abständen in der Grund-

* Heitzmann, Med. Jahrbücher 1872. IV. Heft; Genzmer. Virch. Arch. Bd. 67 S. 75. 1876. Tillmanns.

substanz zerstreut; an gewissen Stellen (S. Knochensystem) hingegen bilden sie Reihen, welche senkrecht gegen die Flächen des Knorpels gerichtet sind. An den Parthien mit mehr spindelförmigen und regelmässig angeordneten Zellen lässt sich zeigen, dass die Grundsubstanz sich verhält, wie wenn zahlreiche kleinste, positiv einaxige Krystalle mit ihren Hauptschnitten parallel dem Längsdurchmesser der Zellen gelagert wären.

Fig. 34.

Hyaliner Knorpel vom Gelenkkopf einer Zehen-Phalanx; der Schnitt senkrecht auf die Oberfläche geführt. Mit Wasser. V. 300/100. *a* In das Gelenk schauende Oberfläche; *b* nach dem Knochen gerichtete.

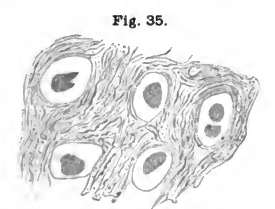
Einige Knorpel besitzen so ausserordentlich wenig Grundsubstanz, dass die Knorpelkapseln einander fast unmittelbar berühren, oder nur durch ein Minimum von Flüssigkeit oder fester Knorpelgrundsubstanz getrennt sind. Ersteres ist der Fall im Knorpel der Achillessehne des Frosches, deren Knorpelkörperchen sich leicht isoliren lassen. Dieselben sind abgeplattet und wurden wohl deshalb von Boll (1871), Ciaccio (1872), Renaut (1872), Golubew (1872) u. A. für Bindegewebszellen gehalten. Der letztere Fall tritt in der Chorda dorsalis des Fötus, im Ohrknorpel der Nager, Fledermäuse etc. ein, woselbst die Chondroblasten so viel Fett und zwar in jedem der letzteren einen einzigen grossen Tropfen enthalten, dass das Gewebe Aehnlichkeit mit Fettgewebe gewinnen kann. Freies Fett führen auch die Chondroblasten der Kehlkopfknorpel, namentlich bei kleinen Nagern. — Eine gründliche Untersuchung des Knorpelgewebes, sowie der übrigen Bindesubstanzen im polarisirten Licht lieferte W. Müller (1860).

Die Oberfläche des hyalinen Knorpels liegt entweder frei (Gelenkknorpel), oder wird von einem bindegewebigen *Perichondrium,* Knorpelhaut, überzogen. Dasselbe bildet ein straffes Fasergewebe mit zahlreichen Capillargefässen und sparsamen, die grösseren Gefässe begleitenden Gefässnerven. Von diesen Blutgefässen stammen die sparsamen Zweige ab, welche, von Bindegewebe begleitet, wie gesagt, hier und da im Knorpel vorkommen; die eigentliche Knorpelsubstanz selbst aber ist, wie auch die des elastischen Knorpels, vollkommen gefässlos.

Beim Rinde führen die Kehlkopfknorpel in besonderen Kanälen Gefässe; beim Kalbe der Nasenscheidewandknorpel auch Nerven (Kölliker, 1850).

Elastische Knorpel (Fig. 35), gelbe Knorpel, Netzknorpel, permanente Knorpel sind von mattgelblicher Farbe, wenig durchscheinend, von sehr vollkommener, aber geringerer Elasticität, als der hyaline Knorpel und schwer zu durchbrechen. Ihr spec. Gewicht beträgt 0,097 (Ohrknorpel). Zu diesen Knorpeln gehören die des äusseren Ohres, der freiliegenden Strecke des knorpligen Theiles der Tuba Eustachii, der Epiglottis und die Cartt. Santorin., Wrisbergian., sowie arytaenoid., letztere z. Th. Ihre Intercellularsubstanz ist undurchsichtig, besteht aus dicht verfilzten elastischen Fasern resp. Netzen von solchen, die sich in 1 $^0/_0$iger Osmiumsäure gelbbräunlich und mit wässrigem Anilinblau blau färben lassen, und welche die Knorpelkörperchen, jedes meistens isolirt, umschliessen. Eine sehr geringe Menge durchsichtiger Grundsubstanz kittet diese Fasern wie die des hyalinen Knorpels zusammen. An den Knorpel-

Fig. 35.



Elastischer Knorpel des äusseren Ohres. Mit Wasser. V. 800/300. Am unteren Rande sind zwei Knorpelkörperchen durch den Schnitt frei gelegt.

oberflächen ist sie etwas reichlicher vorhanden; von Jod wird sie gelb gefärbt. — Das Perichondrium verhält sich wie bei den hyalinen Knorpeln, die solches besitzen; die Fasern des elastischen Knorpels setzen sich als elastische Fasern in das Perichondrium fort, hängen mit solchen des angrenzenden Bindegewebes zusammen, können sich auch verästelt und netzförmig in die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels erstrecken, wenn solcher an elastischen Knorpel angrenzt. Die Masse der Grundsubstanz tritt gegen die der Knorpelkörperchen mehr zurück, die Distanz der letzteren von einander oder die Dicke der aus elastischen Fasern bestehenden Scheidewände beträgt nur etwa 0,02. Die Knorpelkapseln umschliessen oft mehrere, gewöhnlich zwei bis vier Chondroblasten; ihre Wandungen sind öfters radiär gestreift: von feinsten Porenkanälchen durchsetzt.* Blutgefässe sind nur in Bindegewebe führenden Spalten, wenn solche sich finden, vorhanden.

Faserknorpel, Bindegewebsknorpel, Fibro-Cartilago, ist weiss, ziemlich fest und überhaupt in vielen Beziehungen den übrigen Knorpeln ähnlich: zwar weicher, biegsamer und nachgiebiger als hyaliner Knorpel, besitzt der Faserknorpel aber dabei einen viel festeren Zusammenhang, grössere, wenngleich unvollkommnere Elasticität, bricht nicht bei starker Biegung und lässt sich durch gewaltsame Dehnung viel eher von den Theilen, mit welchen er verbunden ist, ablösen, als zerreissen. Er besteht aus einer Mischung von Bindegewebe und Knorpelsubstanz: man findet in einzelnen Faserknorpeln glänzende, concentrische Blätter und einander durchkreuzende Streifen, welche nur aus Bindegewebsbündeln zusammengesetzt sind. Die Grundsubstanz besteht aus festem, strafffasrigem, fibrillärem Bindegewebe mit eingestreuten, auch zu kleinen und grösseren Gruppen oder Nestern vereinigten Knorpelkörperchen. Letztere liegen auch wohl in unregelmässigen Reihen nach der Richtung der nächstbenachbarten Bindegewebsbündel. Die Grundsubstanz verhält sich microchemisch wie Bindegewebe, ist dadurch leicht von elastischem Knorpel zu unterscheiden, welchem das microscopische Bild des Faserknorpels bis auf den gestreckteren Faserverlauf in letzterem ziemlich ähnlich sieht; sie zeigt mit verdünnten Säuren die kernähnlichen Inoblastenkörper. Vermöge dieser Structur vereinigt der Faserknorpel die grosse Festigkeit der aus straffem fibrillärem Bindegewebe bestehenden Organe mit einer geringeren und vollkommneren Elasticität, als sie letzteren eigen ist. Er besitzt kein besonderes Perichondrium, ist arm an Blutgefässen und findet sich besonders in der Nachbarschaft der Gelenke, im Gehörorgan u. s. w. (S. Bd. II).

Faserknorpel verknöchern seltener als der hyaline Knorpel; der elastische Knorpel, der deshalb auch permanenter heisst, niemals.

Knochengewebe.

Die Knochen besitzen eine mit Kalksalzen infiltrirte Grundsubstanz, *Knochenknorpel*, der beim Kochen Leim gibt, und werden deshalb, sowie aus anderen Gründen, zu den Geweben der Bindesubstanz gerechnet. Die Beschreibung des Knochengewebes folgt im nächsten Abschnitt.

* O. Hertwig, (auch ausgezeichnete Beschreibung des elastischen Netzwerkes) Arch. f. mikr. Anat. Bd. 9. p. 95. 1873.

Knochensystem.

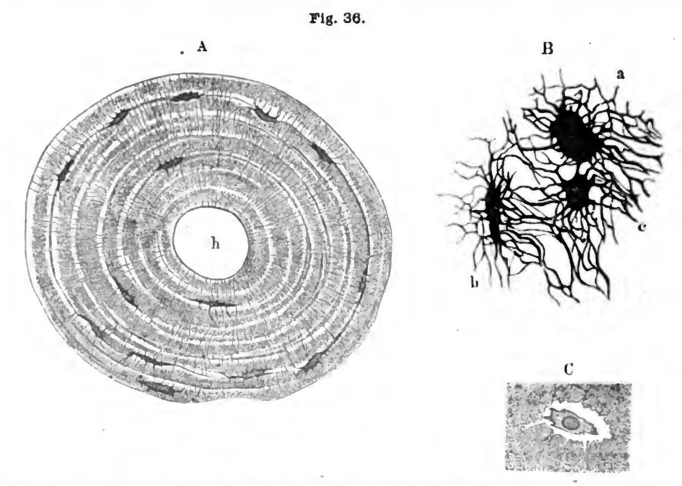
Es besteht aus einer grossen Anzahl einzelner fester Körper, den *Knochen* oder Beinen, *Ossa,* welche durch besondere Verbindungsmittel (Bänder und Gelenke) zu einem Ganzen verbunden sind, welches man das Knochengerüst, *Skelet, Sceleton* oder *Sceletus,* nennt. Dieses bestimmt überhaupt die Gestalt des menschlichen Körpers, dient allen übrigen Organen zur Stütze, bildet um einzelne derselben schützende Hüllen, und gibt feste Punkte und Hebelarme ab, welche durch die Muskeln bewegt werden. Es ist nach vollkommener seitlicher Symmetrie gebaut, so dass die meisten Knochen paarweise vorhanden sind, und die unpaaren in der Mittellinie liegenden aus zwei zusammengeschmolzenen völlig ähnlichen Seitenhälften bestehen.

Die Knochen sind gelblich-weiss, hart, fest, trocken; der Elasticitätscoëfficient = 2264. Ihre Substanz oder Gewebe, Tela ossea, welches ausser den Knochen des Skelets auch noch im Caement der Zähne vorkommt, bietet ein verschiedenes, dichteres oder mehr lockeres Gefüge dar. Ein Theil desselben erscheint dem unbewaffneten Auge gleichförmig dicht und fest ohne grössere Hohlräume: d. i. die *dichte Knochensubstanz, Substantia ossium compacta,* welche den äusseren Umfang des Knochens, seine dickere oder dünnere *Rinde, Substantia corticalis,* bildet. Ein anderer Theil besteht aus sehr zahlreichen, kleinen, geraden und gebogenen Blättern und aus kurzen, dünnen, cylindrischen oder prismatischen Partikeln, sogenannten Knochenbälkchen, welche in den verschiedensten Richtungen sich mit einander vereinigen und unregelmässige, mit einander communicirende Hohlräume zwischen sich lassen: diese Art des Knochengefüges, welche das Innere der Knochen bildet, nennt man *spongiöse* oder *schwammige Knochensubstanz, Substantia ossium spongiosa,* und unterscheidet in ihr, je nachdem sie mehr aus Knochenbälkchen, oder mehr aus Knochenblättern zusammengesetzt ist, die netzförmige und zellige Abart, Substantia spongiosa reticularis und cellularis s. cancellata. Die Hohlräume, von denen auch die kleinsten dem blossen Auge sichtbar sind, werden *Markräume,* oder wenn sie grösser sind und einen ansehnlichen Theil des Inneren des Knochens einnehmen, *Markhöhlen, Cavitates medullares* (Fig. 38 *M*), genannt. — Beide Substanzen sind nicht scharf von einander geschieden, indem die Rinde an ihrer inneren Fläche allmählig zu Fasern und Blättern sich auflockert. Die compacte Knochensubstanz wird von zahlreichen *Gefässkanälchen, Havers'schen Kanälchen.* Markkanälchen, *Canales medullares,* durchzogen: diese nehmen an der Oberfläche der Knochen vermittelst kleiner Ernährungslöcher, *Foramina* und Foraminula *nutritia,* ihren Anfang, laufen in der Rinde meistens eine beträchtliche Strecke nach dem längsten Durchmesser des Knochen, stehen mit einander durch quere Kanälchen in Verbindung und münden in die Markräume, wodurch diese mit der Oberfläche des Knochen communiciren. Die längeren Knochen haben meist ein grösseres Ernährungsloch an einer ziemlich constanten Stelle, nämlich zwischen ihrem oberen und mittleren Drittheil; dasselbe wird wohl als Foramen nutritium magnum unterschieden.

Rauber (1874) fand die rückwirkende Festigkeit des Os femoris grösser, als die der Tibia und des Humerus: Würfel von 1 Cub.-Cm. würden zerdrückt werden bei einer Belastung in der Längsaxe des Knochens von 2000, resp. 1555 und 1283 kgrm.; während die Festigkeit in der Querrichtung 1780 (1260 : 1138) und für die Spongiosa eines Lendenwirbels (und Rippenknorpels) nur 80 (resp. 160) betrug.

Sowohl die compacte als die spongiöse Knochensubstanz ergibt sich unter dem Microscop zusammengesetzt aus einer stärker lichtbrechenden *Grundsubstanz* und darin eingelagerten *Knochenkörperchen.* Die Grundsubstanz ist an dickeren Schnitten undurchsichtig, bei auffallendem Licht dunkel, bei durchfallendem feinkörnig und unter sehr starken Vergrösserungen aus lauter kleinsten, kaum messbaren polygonalen Körperchen zusammengesetzt. Die Knochenkörperchen, Corpuscula ossium, sind an trockenen Knochenschliffen in auffallendem Licht silberweiss, in durchfallendem schwarz; am frischen Knochen sind sie heller, schwächer lichtbrechend als die Grundsubstanz, gegen welche ihre Ränder sich scharf abgrenzen. Sie stellen abgeplattete Ellipsoide dar, mit etwas unregelmässig eckiger Begrenzung. Von diesen Ecken, wie von allen Flächen der Knochenkörperchen gehen sehr zahlreiche feine, am trockenen Knochen bei durchfallendem Licht dunkle Linien oder Kanälchen aus, *Knochenkanälchen,* Canaliculi ossium, die mit denjenigen benachbarter Knochenkörperchen anastomosiren (Fig. 36 *B*). Namentlich auf dem Querschnitt der ellipsoidischen

Fig. 36.



A und *B* aus einem Querschliff eines trockenen Röhrenknochens. *h* Gefässkanälchen auf dem Querschnitt von concentrischen Lamellen mit Knochenkörperchen umgeben. V. 500. *B* Drei Knochenkörperchen nebst ihren Ausläufern *a* von der Fläche, *b* von der Längskante, *c* schräg gesehen. V. 1000. *C* Knochenzelle durch Carmin gefärbt nebst Kern in einem Knochenkörperchen liegend nach Einlegen in Müller'sche Flüssigkeit. V. 1000.

Körperchen bieten letztere ein Bild, das einem Netz sternförmiger anastomosirender Zellen gleicht. Auf den Flächenansichten seitlich eröffneter Knochenkörperchen erscheinen die Einmündungsstellen der Knochenkanälchen als feine, runde, helle Punkte und ebenso ihre Querschnitte in der Knochengrundsubstanz bei durchfallendem Licht.

Die Knochenkörperchen und -Kanälchen enthalten weder Kalksalze, die vielmehr der aus *Knochenknorpel,* Ossein, bestehenden Grundsubstanz imprägnirt sind, noch Luft. Durch Behandlung mit Säuren werden die Kalksalze ausgezogen, der schneidbare Knochenknorpel bleibt zurück und zeigt (verdünnte Chlorwasserstoffsäure) die Knochenkörperchen als helle, blasse Lücken, ihre Kanälchen als sehr feine helle Linien. Oder (verdünnte Chromsäure) es bleiben feinkörnige Gerinnsel sowie ein Kern in der Höhle sichtbar; oder (Salpetersäure) eckige, die Form der Knochenkörperchen im Ganzen nachahmende gelbe Körperchen werden sichtbar. Am frischen Knochen mit Carmin und Essigsäure behandelt oder nach Aufbewahrung desselben in Müller'scher Flüssigkeit, Erweichung mit 5 %iger Chlorwasserstoffsäure, Härtung in Alkohol und Imprägnation mit Carmin stellt sich im Innern eines jeden Knochenkörperchens ein den Wandungscontouren sich anschmiegender feinkörniger *Osteoblast* oder *Knochenzelle* (Fig. 36 *C*) dar, mit roth tingirtem, abgeplattet-ellipsoidischem Kern, der etwa halb so gross ist als die Zelle, und meistens ein oder zwei Kernkörperchen besitzt. Durch Einlegen dünner Knochen in eine Mischung von 1 %iger Osmiumsäure und 5 %iger Chlorwasserstoffsäure zu gleichen Theilen bleibt unter günstigen Umständen die Grundsubstanz hell, die Osteoblastenkörper werden gelblich und in sehr zierlicher Weise sichtbar, ihre Kerne zugleich deutlich. Das Protoplasma der Knochenzellen endigt mit kurzen Spitzen, welche in die Anfänge der Knochenkanälchen hineinragen. Letztere enthalten jedoch keine Anastomosen von Zellen-Ausläufern, sondern eiweisshaltige Flüssigkeit und sind als Gänge aufzufassen, in denen das ernährende Plasma des Blutes transsudirend sich verbreitet. Denn diejenigen Knochenkanälchen, welche den Havers'schen Gefässkanälchen zunächst benachbart sind, münden regelmässig in letztere ein. Man erkennt dies sowohl auf dem senkrechten Quer- oder Längsschnitt solcher Gefässkanälchen, als auf deren Flächenansicht, wobei ihre Wand von innen getüpfelt aussieht, wenn sie am trockenen Knochenschliff freigelegt ist. Durch Goldchlorid und Reduction desselben in verdünnter Essigsäure färben sich nicht nur die Osteoblasten dunkel, welche die Höhlung des zugehörigen Knochenkörperchens nicht ganz ausfüllen, sondern auch die Ausläufer der letzteren ziemlich in ihrer ganzen Ausdehnung. Die Reduction ist der eiweisshaltigen Flüssigkeit zuzuschreiben, die in jenen Kanälchen die ganze Knochensubstanz durchzieht. — Die scheinbar feinkörnige Grundsubstanz des seiner Kalksalze durch Chromsäure beraubten Knochenknorpels lässt sich mit stärkster Vergrösserung in einen dichten Filz feinster Fäserchen, *Knochenfasern*, auflösen. Eine festere, Reagentien besser widerstehende und homogene Beschaffenheit zeigt die Wand der Knochenkörperchen und Knochenkanälchen, welche so mit Hülfe concentrirter Mineralsäuren nebst ihren Ausläufern, den Knochenkanälchen scheinbar isolirt werden können. Diese resistenteren Wandungen, welche, wie gesagt, das Bild sternförmiger Zellen nachahmen, heissen *Knochenkapseln;* innerhalb derselben liegen die Osteoblasten oder wirklichen Knochenzellen.

Die compacte Knochensubstanz wird von zahlreichen grösseren und kleineren Gefässkanälchen durchzogen, die anastomosirend ein Netz von länglich-polygonalen Maschen bilden. Sie öffnen sich trichterförmig, sowohl an der Oberfläche der Knochen, als in die Hohlräume ihres Innern, falls solche vorhanden.

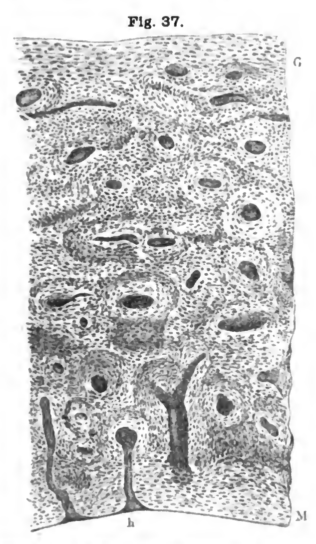
Schon mit blossem Auge erscheint der stark macerirte oder geglühte Knochen von blättriger Structur und an entkalkten Knochen lassen sich solche Blätter abpräpariren. Deutlicher noch und feiner erscheint unter dem Microscop die compacte Grundsubstanz in sehr regelmässiger Weise rings um die Gefäss-

kanälchen geschichtet, und stets sind die Körperchen selbst mit ihrer Flächenausdehnung in der Fläche der Lamellen, mit ihrer Längsaxe in der Längsrichtung der cylindrischen Lamellensysteme gelagert. So entstehen die *Knochenlamellen,* Laminae ossium (Fig. 36 *A*), welche wie eine Anzahl in einander steckender Cylindermäntel das Gefässkanälchen seiner Länge nach begleiten. Nicht immer liegt dasselbe genau in der Cylinderaxe, sondern etwas excentrisch; auch sind die Cylinder mitunter abgeplattet, die Ellipsen, welche die Lamellensysteme auf dem Querschnitt bilden, an ihrem einen Pole schärfer gekrümmt, als am entgegengesetzten. An den Berührungsflächen platten sich die Lamellensysteme ab, so dass ihr Querschnitt mehr oder weniger polygonal wird. Je grösser das auf dem Querschnitt als rundes Loch erscheinende Kanälchen ist, von desto mehr Lamellen pflegt dasselbe umgeben zu sein; ihre Anzahl beträgt 4—20 und mehr. Von einander getrennt sind sie durch sehr feine Spalten, in denen eine am frischen Knochen glashelle, am trockenen oder in Säuren macerirten dagegen körnige Substanz liegt. Dieselbe zeichnet sich dadurch aus, dass sie Carmin etc. begierig aufnimmt: es erscheinen deshalb die Knochenlamellen selbst an solchen Präparaten hell und durch feine rothe Linien von einander getrennt. Sind die Lamellen ein wenig schräg durchschnitten, was bei dem der Knochenaxe nicht genau parallelen Verlauf der Gefässkanälchen in den langen Knochen häufig vorkommt, so präsentirt sich die körnige Zwischensubstanz am trockenen Präparat theilweise, und zwar am äusseren Theile jeder Lamelle von der Fläche. Deshalb haben solche Lamellen scheinbar eine äussere dunklere, feinkörnige Zone und eine innere hellere, radiär gestreifte. Letztere ist namentlich an Querschnitten deutlich, und dies hängt davon ab, dass die Knochenkanälchen radiär verlaufen, aber nur in der hellen Substanz deutlich sichtbar sind und von der dunkleren körnigen wegen ihrer Feinheit verdeckt werden. An etwas schräg durchschnittenen Carminpräparaten sind die äusseren dunkleren Zonen roth gefärbt. Uebrigens liegen die Knochenkörperchen in der Regel zwischen je zwei benachbarten Lamellen, die gleichsam auseinanderweichen, um dem Körperchen Platz zu gewähren: ihre Ausläufer durchsetzen die Lamellen senkrecht auf deren Fläche. Doch sind die letzteren nicht immer wie in einander geschachtelte Hohlcylinder scharf getrennt: benachbarte verschmelzen, gehen in einander über, und Beides kommt auch zwischen den an einander grenzenden peripherischen Lamellen benachbarter Gefässkanälchen vor. Die Zwischenräume solcher benachbarter Lamellensysteme werden von gleichförmiger compacter *interstitieller Knochensubstanz* ausgefüllt, die nur in verhältnissmässig sehr geringer Menge vorhanden ist. Jedoch kommt es häufig vor, dass sich zwischen parallel verlaufenden Lamellensystemen andere schräg gerichtete eindrängen, die dann neben dem Querschnitt der ersteren ihrer Länge nach getroffen erscheinen. Solche sehr häufigen Bilder sind nicht für bandartige Schaltlamellen zu halten. Man erkennt die von der Fläche sichtbaren Lamellen an dem grösseren Breitendurchmesser ihrer Knochenkörperchen, während letztere sowohl auf dem Längsdurchschnitt als auf dem Querdurchschnitt der Lamellensysteme schmal erscheinen: sie sind, wie gesagt, abgeplattete längliche Ellipsoide.

Umgeben und zusammengehalten wird die Masse der Gefässkanälchen sammt ihren Lamellensystemen von besonderen *Grundlamellen,* General-Lamellen (Fig. 37), die an gewissen Knochen, namentlich den langen Röhrenknochen auftreten. Die äusserste Rinde besteht nämlich aus mehreren sehr ausgedehnten Lamellen, den *äusseren Grundlamellen,* die keinem Gefässkanälchen speciell angehören, sondern ringförmig auf dem Querschnitt, als längslaufende schmale Bänder auf dem Längsschnitt, die ganze Masse mehrfach einsäumen. Nur die

äussersten reichen um einen ganzen Röhrenknochen herum; die weiter einwärts gelegenen hören auf, wo ein grösseres Gefässkanälchen mit mehr eigenen Lamellen an die Stelle eines kleineren, von wenigen Lamellen umgebenen tritt. Aehnliche weniger regelmässige *innere Grundlamellen* treten auch an der Begrenzung der Markhöhle auf. Die Knochenkörperchen der Grundlamellen verhalten sich, was ihre Anordnung nach Fläche und Längsaxe anlangt, genau wie bei den Lamellen der Gefässkanälchen, die auch Special-Lamellen genannt werden; ihre Ausläufer münden sowohl frei auf der äusseren Peripherie der Knochen, als in die Markhöhle.

Fig. 37.



Querschliff aus einem trockenen Röhrenknochen, compacte Substanz. V. 40. *G* Grundlamellen der äussersten Rinde. *M* Grundlamellen am Markraum. *h* Gefässkanälchen in die Markhöhle trichterförmig einmündend. Die meisten Gefässkanälchen erscheinen auf dem Querschnitt als schwarze Kreise.

Früher wurden die Knochenkapseln für sternförmige Zellen gehalten, später hat Henle (1857) Luft darin gefunden und Klebs (1868) angegeben, sie seien mit Kohlensäure gefüllt. Indessen unterscheiden sich unter Wasser untersuchte frische Knochenstückchen, die niemals mit atmosphärischer Luft in Berührung waren, im Lichtbrechungsvermögen sehr wesentlich von wirklich mit Luft gefüllten; sei die Luft durch Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure unter dem Microscop, also durch Entwicklung von Kohlensäure aus der kohlensauren Kalkerde der Knochensubstanz oder durch Trocknen frischer oder macerirter Knochen hineingekommen. Ersteres Experiment, bei welchem anfangs kleine runde Luftbläschen im Innern der Knochenkörperchen auftreten, beweist, dass die Osteoblasten die Höhlung ihrer Körperchen nicht ganz ausfüllen oder doch leicht von der Wand zurückgedrängt werden können. Bei den Vögeln dagegen ist in einigen Knochen Luft in den Knochenkörperchen vorhanden, die jedoch nur wenig Kohlensäure enthalten kann, da Barytwasser keinen Niederschlag in den Knochenkörperchen liefert. — Die von der Fläche gesehenen Lamellen der compacten Substanz, welche sich namentlich auf Querschnitten zwischen die querdurchschnittenen Lamellensysteme einzudrängen scheinen, haben Arnold (1841) und noch Rollett (1868) irrthümlich als besondere Schaltlamellen beschrieben. — Auf einem Quadratmillimeter Knochenquerschnitt zählte Welcker (1856) 680—800, im Mittel 740 Knochenkörperchen.

Die spongiöse Knochensubstanz enthält in einem festen, aus compacter Knochensubstanz meist ohne Gefässkanälchen bestehenden Gerüst, das zu Balken, Bälkchen, Platten und Blättern angeordnet ist, eine verschieden grosse Menge von Weichtheilen. Was das Gerüst anlangt, so besitzt dasselbe überall Knochenkörperchen, aber nur in seinen grösseren Balken oder Blättern, einzelne Gefässkanälchen. Die Körperchen verhalten sich in jeder Beziehung und auch in Betreff der Anordnung ihrer Flächen und Längsaxen, wie in der compacten Substanz. Ihre Knochenkanälchen münden in die Markräume, wo sie an letztere stossen, und es kommen nirgends blinde Enden von solchen Kanälchen vor. Die Bälkchen der spongiösen Substanz lassen zwischen sich Lücken, deren Begrenzung, namentlich bei den feineren microscopisch sichtbaren, sehr häufig rundlich (Fig. 39) sich ergibt, und an diesen concaven Innenrändern ist die Grundsubstanz concentrisch gestreift, in Folge des Vorhandenseins von Knochenlamellen. Die Hohlräume der spongiösen Substanz entsprechen mithin den Gefässkanälchen der compacten Masse.

Structur der Spongiosa der einzelnen Knochen. Macroscopisch betrachtet stellt zwar die spongiöse Substanz auf den ersten Anblick ein unregelmässiges Maschenwerk feiner Knochenbälkchen dar, in Wahrheit aber besitzt sie eine bestimmte, regelmässige, für jeden Knochen besondere Anordnung. Am genauesten studirt ist die letztere am oberen

Fig. 38.

M

Frontaler Längsschnitt durch das obere Ende des Femur, natürliche Grösse, nach Wolff; photographirt. Das Collum u. s. w. sind von rechtwinklig sich kreuzenden Bälkchen der Spongiosa eingenommen.

Fig. 39.

F

Spongiöse Substanz der Markhöhle eines Röhrenknochens. Chlorwasserstoffsäure, Alkohol, Carmin, Dammar. V. 50. *F* Fettzellen in einem Markraum. Die lamellöse Anordnung um die leeren Markräume ist deutlich.

Theile des Os femoris. Auf frontalen Durchschnitten (Fig. 38) sieht man lauter Kreuzungen zwischen den Bälkchen der lateralen und medialen Seite, und diese unzähligen Kreuzungen geschehen überall unter rechten Winkeln, so dass alle zwischen den Bälkchen bleibenden Hohlräume Quadrate oder Rechtecke sind, deren Winkel hier und da aus-

gerundet sein können. Diese Anordnung wird als *Orthogonalität der Spongiosa* bezeichnet, und auch zur Oberfläche des Knochens stehen die Bälkchen überall rechtwinklig. Auf sagittalem Durchschnitt, der durch die Axe des Os femoris geht, verlaufen im Mittelstück des Knochens die Bälkchen, sich kreuzend, theils senkrecht, theils parallel der Axe; dagegen convergiren sie im Collum und Caput femoris, und dies ist ebenso im übrigen Theil des Knochens mit Ausnahme seiner Axe der Fall. Auch die compacte Rindensubstanz nimmt von der Mitte des Knochens nach oben an Dicke successive ab; sie besteht aus äusserst dicht an einander gedrängten parallelen der Länge nach verlaufenden Bälkchen, während sich an der Grenze gegen die Spongiosa Bälkchen auf Bälkchen abzweigt, um in die letztere einzustrahlen.

Eine mathematische Betrachtung ergibt, dass diese Anordnung eine mechanische Bedeutung hat. Betrachtet man das Os femoris einfach als einen oben medianwärts gekrümmten Balken, auf dessen oberes Ende die Last des Körpergewichtes wirkt, während das untere Ende fixirt ist, so haben die starren Fäden, aus denen man sich mathematisch den Balken zusammengesetzt denken kann, sowohl Druck als Zug auszuhalten: ersteren an der concaven medialen, letzteren an der convexen lateralen Seite. Am meisten werden natürlich die Rindenschichten und besonders die des Mittelstücks in Anspruch genommen, wo zugleich die compacte Substanz (Fig. 38) am mächtigsten ist. Ausserdem aber wird in jedem Querschnitt oder Längsschnitt durch die Last noch eine Spannung erzeugt, welche die Theilchen jener Schnitte an den benachbarten paralleler Schnitte zu verschieben strebt: sie heisst Schubspannung. Die verschiebende Kraft ist in der Axe des Knochens am grössten, auf welche andererseits weder Zug noch Druck wirken, die sich vielmehr in derselben gegenseitig neutralisiren. Es ergibt sich nun, dass die durch die Bälkchen der Spongiosa realisirten Fäden ausschliesslich den Zug- resp. Drucklinien entsprechen, welche in dieser Hinsicht durch die Last in Anspruch genommen werden, während die Hohlräume der Spongiosa ausschliesslich an solchen Stellen liegen, die nur verschiebenden Kräften ausgesetzt sein würden. Auf diese Weise besitzt das Os femoris dieselbe Zug- und Druckfestigkeit, als wenn es durch und durch aus solider compacter Knochensubstanz bestände, während es doch beträchtlich leichter ist. Die Ersparung an Knochensubstanz betrifft ausschliesslich die mechanisch unwirksamen Parthien, und die Sache verhält sich ganz analog wie bei Brückenträgern, die man in der Technik durch Weglassung des Materials an Stellen, wo es unnütz sein würde, durch Anbringung von Fachwerk anstatt solider Massen so leicht als möglich macht, wodurch zugleich Erschütterungen und Oscillationen thunlichst vermieden werden. Nach diesem Princip: Anordnung der Knochensubstanz ausschliesslich in der Richtung der mathematischen Zug- und Drucklinien ist also das Os femoris, und sind, was hervorgehoben werden muss, überhaupt alle Knochen aufgebaut. — Aeby (1873) hat ein allgemeines Gesetz dahin zu formuliren versucht, dass die Anordnung der Spongiosa-Bälkchen überall eine parallele sei, wo der Parallelismus der auf einander treffenden Knochenaxen (an Gelenken etc.) ein bleibender ist. Sie wird dagegen zu einer nach den Knochenenden convergirenden, wo jener Parallelismus bleibend oder vorübergehend aufgehoben wird. — Hiermit kann natürlicherweise nur der Verlauf in den wesentlichsten Hauptzügen gekennzeichnet werden: im Einzelnen treten die jetzt zu beschreibenden Differenzen hervor.

Zunächst ist noch in Betreff des Oberschenkelbeins zu bemerken, dass vom Trochanter minor bis zum oberen Ende des Collum oss. femoris sich eine ca. 1 Cm. breite dünne Leiste compacter Knochensubstanz, *Lamina femoralis interna*, von der Rinde in die Markhöhle hinein erstreckt. Sie erscheint auf horizontalen Durchschnitten als vorspringender, leicht gebogener Stachel (Schenkelsporn, Merkel, 1873), der jedoch mit den angrenzenden spongiösen Blättern vielfach verbunden ist. In der Richtung dieser Leiste sind bei belastetem Schenkelbeinkopfe die Kraftcurven hauptsächlich zusammengedrängt, welche den Hals zu beugen streben, und denen durch solche Anordnung Widerstand geleistet wird.

In der Mitte seiner Länge zeigt das Os femoris auf dem Frontalschnitt nach unten convex absteigende, von beiden Seiten her sich durchkreuzende Balkensysteme, die einer Stelle entsprechen, wo der Knochen nur auf Druckfestigkeit beansprucht wird. — Am unteren Ende des genannten Knochens finden sich hingegen auf dem Frontalschnitt verticale Plättchenzüge parallel der Knochenaxe senkrecht auf die Gelenkfläche, und durchkreuzt von einem rechtwinklig schneidenden, horizontalem System. Auf dem Sagittalschnitt strahlen Fortsetzungen der vorderen compacten Substanz im Bogen nach hinten, unter rechten Winkeln sich schneidend mit eben solchen Zügen, die von der hinteren compacten Substanz nach vorn und abwärts verlaufen. Das Gewebe ist an dem medialen Condylus stärker aufgelockert. Der Horizontalschnitt bietet concentrische, der Knochenoberfläche parallele Plättchenzüge dar.

Das obere Ende der Tibia hat auf dem Frontalschnitt beiderseits senkrecht von der Gelenkoberfläche zu der compacten Substanz absteigende Plättchenzüge. Näher der Knochenaxe unterhalb der Eminentia intercondylica durchkreuzen sich Ausläufer der beiderseitigen Züge. Die Substanz ist daselbst grob rundmaschig, oder sie bildet eine Lücke.

Ausserdem liegen Bälkchen nahe der Gelenkfläche der letzteren parallel. Auf dem Sagittalschnitt zeigt sich ein von vorn nach hinten und ein in umgekehrter Richtung verlaufendes System, die einander rechtwinklig durchkreuzen. Ueber der Gelenkfläche für die Fibula bleibt eine kleine Lücke, welche nach Langerhans (1874) anzeigt, dass die Fibula nicht direct belastet wird. — Das untere Ende der Tibia besitzt auf dem Frontalschnitt schräg abwärts und nach der Axe des Knochens laufende Plättchenzüge, nahe an der Gelenkoberfläche auch horizontal verlaufende und im Malleolus medialis sowohl der Oberfläche parallele, als zur Gelenkfläche senkrechte. Der Sagittalschnitt zeigt ähnliche Anordnung wie der des oberen Endes; die horizontalen Bälkchen sind deutlich ausgebildet und nahe der Gelenkoberfläche wird die Spongiosa engmaschiger.

Die Fibula hat oben und unten auf dem Frontalschnitt senkrecht divergirende Züge ohne Durchkreuzung; im Sagittalschnitt an der lateralen Seite des Capitulum vorzugsweise senkrechte Bälkchen und im übrigen zwei rechtwinklig sich kreuzende Systeme, die namentlich am unteren Theile des Knochens hervortreten; ein horizontales System ist unten am deutlichsten und zwar besonders in sagittaler Richtung. Auf dem Frontalschnitt convergirt dasselbe zur Gelenkfläche.

Die Patella hat zwei Systeme, die ihrer vorderen und hinteren Oberfläche parallel gehen, und ein drittes horizontal verlaufendes.

Der Talus besitzt zwei Lamellensysteme, welche die obere mit der vorderen und der unteren hinteren Gelenkfläche verbinden, und an seinem unteren vorderen Ende noch zwei kleine sich rechtwinklig kreuzende Systeme.

Der Calcaneus enthält in seinem Innern ein System von oben nach unten und hinten verlaufenden langen Knochenbälkchen, während ein zweites, aus kürzeren Bälkchen bestehendes System nach vorn und unten absteigt. Ein drittes liegt mehr horizontal nahe der unteren Fläche des Knochens und parallel derselben; es durchkreuzt sich mit den beiden ersten. Von allen drei Systemen frei bleibt im unteren vorderen Theile des Calcaneus eine dreiseitige, der Markhöhle eines Röhrenknochens entsprechende Lücke.

Die dem Malleolus lateralis entsprechende Parthie hat keine verticalen Züge: sie, wie die Fibula, resp. deren oberes Ende werden nicht belastet (Langerhans, 1874).

Die Ossa naviculare, cuboideum und cuneiformia enthalten ein von hinten nach vorn verlaufendes und ein zweites ziemlich senkrecht stehendes System.

Die Ossa metatarsi und die Phalangen des Fusses bieten auf dem Sagittalschnitt in der Basis senkrecht zur Gelenkoberfläche stehende Plättchenzüge. In den Capitulis ausserdem ein der letzteren paralleles System. In den Köpfen und vorderen Enden der Phalangen findet eine Durchkreuzung der längslaufenden Systeme statt, nicht aber in horizontaler Richtung.

An der oberen Extremität ist die Architectur der Spongiosa, entsprechend der vielseitigeren Verwendung dieser Gliedmassen und ihrer geringeren Beanspruchung, weniger deutlich zu erkennen.

Im spongiösen Theile der Scapula: im Collum, Acromion und Processus coracoideus zeigt sich rechtwinklige Durchkreuzung; einige stärkere Lamellen reichen von der compacten Substanz des Halses zur Gelenkfläche.

Am Humeruskopf ist die spongiöse Substanz sehr weitmaschig; sie bietet auf dem Frontalschnitt aufwärts und medianwärts strebende Plättchenzüge, welche die Gelenkoberfläche nicht erreichen. Im Tuberculum majus liegen senkrecht verlaufende, ebensolche an der medialen Seite des Caput, letztere durchkreuzt von horizontalen, schräg lateralwärts und aufwärts sich erstreckenden. Im unteren Ende des Humerus verlaufen zwei Systeme abwärts und gegen die Gelenkoberfläche; das zweite System steht rechtwinklig darauf.

Die Ulna hat am oberen Ende drei Systeme. Das hintere verläuft, nach vorn aufsteigend, durch das Olecranon, durchkreuzt von Zügen, die von dem vorderen Theile der compacten Substanz herstammen und theils rückwärts in das Olecranon, theils senkrecht zur Gelenkfläche des Processus coronoideus sich wenden. Die Durchkreuzung zeigt sich auch auf sagittalem Schnitt durch das untere Ende der Ulna.

Beim Radius convergiren zwei Systeme im Capitulum; parallel der Gelenkoberfläche liegen wenige Blättchen dicht an derselben. Ebenso erscheint das untere Ende auf dem Frontalschnitt; im Sagittalschnitt tritt Durchkreuzung auf.

Die Oss. metacarpi und Phalangen der Hand verhalten sich wie die analogen Knochen des Fusses.

Die Körper sämmtlicher Wirbel zeigen auf dem Frontalschnitt senkrecht verlaufende Plättchenzüge, durchkreuzt von einigen horizontalen Bälkchen nahe der oberen und unteren Fläche. Auf dem Sagittalschnitt erscheint dasselbe Bild, und dem entsprechend zeigen sich auf dem Horizontalschnitt concentrische Ringe parallel der äusseren Oberfläche, während von der compacten Substanz der Vorderfläche jeder Seitenhälfte eines Foramen vertebrale Plättchen nach der entgegengesetzten Seiten- und Vorderfläche des Wirbelkörpers ausstrahlen. Der Wirbelkörper ist einer Fachwerkconstruction (S. 65) zu vergleichen (Barde-

leben, 1874), wobei das Centrum ziemlich unausgefüllt bleibt, und zwar keine Markhöhle, aber eine vierseitig pyramidenförmige, von grösseren Maschen eingenommene Pyramide enthält, deren Spitze nach hinten liegt. Die compacte Rinde ist sehr dünn; im Arcus dagegen dicker, und es strahlen Systeme senkrecht auf die oberen und unteren Gelenkflächen aus, welche Flächen auch unter einander in Verbindung gesetzt werden.

Im Processus odontoideus des Epistropheus begeben sich Züge sowohl nach unten in den Wirbelkörper als nach aussen in den Arcus. Die Processus spinales und transversi bieten eine Durchkreuzung der Plättchen, die von ihren langen Seiten ausgehen.

An den Rippen erstreckt sich der Hauptzug der Plättchen parallel ihrer Längsaxe, gekreuzt von Bogensystemen, die von vorn nach hinten oder umgekehrt hinüberziehen. Das Capitulum enthält senkrecht von der Gelenkfläche kommende und rechtwinklig durchkreuzte Züge, die sich zur Innenfläche der Rippe wenden.

Im Os sacrum differiren die untersten Wirbelkörper, insofern sie nach hinten kleine Höhlen enthalten. Von der Superficies auricularis divergiren fächerförmige Bälkchenzüge, welche lateralwärts in der Höhe zwischen erstem und zweitem Foramen sacrale ebenfalls lückenhafte Stellen frei lassen.

Das Os coxae hat auf dem Frontalschnitt vom Acetabulum senkrecht aufsteigende Plättchenzüge, welche medianwärts die Superficies auricularis erreichen. Von letzterer gehen gebogene Züge nach oben, mit denen sich Fortsetzungen des lateralen Systems der Pfanne, rundliche Maschen bildend, durchkreuzen. Nahe der letzteren liegt ein ihrer Oberfläche paralleles drittes System. Am deutlichsten ist die Durchkreuzung in der Crista ilium und im Tuberculum pubis.

Aus der Betrachtung der geschilderten Verhältnisse ergibt sich, dass diejenigen Knochen, welche Druck von mehreren Seiten her auszuhalten haben, im Allgemeinen concentrische, ihren Oberflächen parallele Plättchenzüge darbieten, durchsetzt von anderen senkrecht darauf stehenden, die sparsamer vorhanden sind. In den langen Knochen überwiegen dagegen die letzteren Systeme, die dann auf den Gelenkoberflächen senkrecht stehen. In den ersteren kurzen Knochen sind die Maschen der Spongiosa mehr rundlich, in den letzteren Knochen mehr oblong.

Hinsichtlich der äusseren Gestalt der Knochen unterscheidet man *lange* oder *Röhrenknochen, Ossa longa* s. cylindrica, ferner *breite* oder *platte Knochen, Ossa lata* s. plana, und *kurze*, unregelmässig geformte *Knochen*, *Ossa brevia*.

Die Röhrenknochen haben ein längliches, mehr oder weniger dreiseitiges Mittelstück, *Diaphyse,* Diaphysis s. Corpus, mit dicker Rinde und bei den grösseren mit einer inneren geräumigen Markhöhle; ihre Enden, *Epiphysen,* Apophysen, Apophyses s. Extremitates, sind dicker, als das Mittelstück, und enthalten mehr Substantia spongiosa. Die platten Knochen sind dünn, breit, gebogen; ihre Rindensubstanz bildet zwei Tafeln, zwischen welchen eine dünne Lage schwammiger Substanz, hier gemeiniglich *Diploë* genannt, sich befindet. An sehr dünnen Knochen oder Knochentheilen fehlt die Diploë. Die kurzen Knochen sind mehr oder weniger rundlich oder würfelförmig; oder sie sind aus länglichen, platten und unregelmässig gestalteten Knochenstücken zusammengesetzt; sie besitzen eine sehr dünne Rinde, die im Innern ganz mit Substantia spongiosa ausgefüllt ist. Meistens liegen sie in grösserer Anzahl neben einander.

Die Knochen besitzen ihnen selbst angehörende Weichtheile: das Periost, Knochenmark, Gefässe und Nerven. Ihr spec. Gewicht mit Beinhaut und Mark beträgt zwischen 1,2157 und 1,4554: diese Verschiedenheit hängt vorzüglich von der Menge des Markes ab, welches das spec. Gewicht verringert: die Knochen und Knochentheile, welche unter einer dünnen Rinde grösstentheils nur aus Substantia spongiosa bestehen, sog. schwammige Knochen, sind specifisch leichter. Völlig gereinigte Knochensubstanz hat ein spec. Gew. von 1,8777. Die compacte Substanz der Röhrenknochen für sich allein hat im frischen Zustande 1,90—1,96, im Mittel 1,930; die spongiöse 1,21—1,28, im Mittel 1,243. Die frischen Schädelknochen haben 1,649; ihr spec. Gewicht ist bei Männern etwas höher als bei Frauen, im mittleren Lebensalter etwas höher als in späteren Jahren. — Die Grundsubstanz ist doppeltbrechend: sie verhält sich wie wenn kleinste einaxige positiv doppeltbrechende Krystalle mit

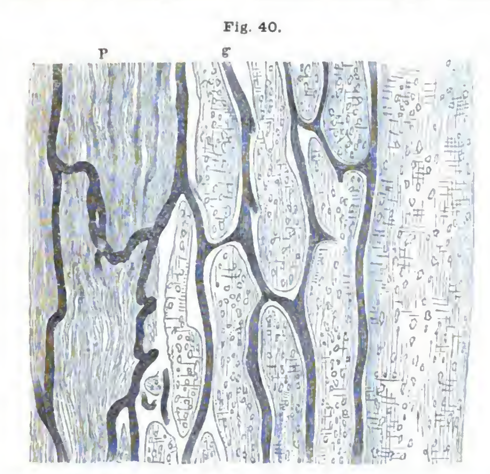
ihrer Hauptaxe parallel der Längsrichtung der Knochenkörperchen resp. der Lamellensysteme in die erstgenannten eingebettet wären.

Das Periost, die Beinhaut, Periosteum, ist eine bindegewebige Haut von weisser Farbe, ziemlich grosser und verhältnissmässig ziemlich vollkommener Elasticität, welche die äussere Oberfläche der Knochen überzieht, und mit derselben fester oder lockerer verbunden ist. Sie haftet fester an den rauhen Stellen der Knochen, Epiphysen der langen Knochen, den kurzen Knochen, ferner den Stellen, an denen der Knochen selbst dünn ist, das Periost aber dicker, wie am harten Gaumen, den Knochen des Gesichts, der Schädeldecke, jedoch auch am Unterkiefer. Besonders dick ist dasselbe an den Stellen, wo sich Sehnen oder Ligamente an die Knochen ansetzen, mit denen das Periost untrennbar verwächst, ebenso verhält es sich und verwächst mit der darüberliegenden Schleimhaut, wenn solche die Knochen als einzige anderweitige Decke überzieht, nämlich in der Nasen- und Mundhöhle. Als dünne der Schleimhaut adhärirende Lage tritt es in den Nebenhöhlen der Nase, sowie dem mittleren Ohre auf; weniger entwickelt, aber leicht abtrennbar ist es auch an den Diaphysen der langen Knochen, an den Stellen, wo Muskelfasern sich an die Knochen ansetzen, im Wirbelkanale, der Augenhöhle und auf der Aussenfläche des Schädeldaches. Das Periost kann an den meisten Stellen schon mit dem Messer in eine äussere und innere Lage getrennt werden; jedenfalls aber unterscheidet das Microscop zwei Schichten, von denen die äussere nur an den Muskelansätzen wegfällt. Sie besteht aus lockerem Bindegewebe mit elastischen Fasern. Fettzellen, grösseren Gefässen und Nerven; die innere Lage dagegen zeigt fast parallele oder spitzwinklig sich durchkreuzende Bindegewebsbündel, die an den langen Knochen deren Längsaxe parallel gehen. Auf dem Querschnitte bieten die Interstitien der Bündel, in welchen sparsame Inoblasten und zahlreiche Netze elastischer Fasern liegen, an Essigsäure-Präparaten das täuschende Bild sternförmiger Zellen. Zwischen der Knochenoberfläche und dem Periost findet sich an einzelnen Stellen mancher Knochen eine einfache oder theilweise doppelte Lage rundlicher oder etwas polygonaler Osteoblasten, die *Cambiumschicht* des Knochens (S. 74, Knochenwachsthum). An den Knochen ist das Periost durch zahlreiche Gefässe befestigt, die von Nerven begleitet in letzteren eindringen, ausserdem durch die *perforirenden Fasern,* elastische Fasern des Knochens, perforating fibres, Sharpey'sche Fasern, welche Reste aus der Entwicklung des Knochens darstellen, sofern letzterer vom Periost aus sich bildet. Es sind senkrecht in die Knochen-Oberfläche (z. B. an den Schädelknochen) eindringende und deren Grundlamellen (z. B. der Röhrenknochen) perforirende feinste und dickere Bindegewebsbündel, die ein wenig geschwungen verlaufen, hier und da auch elastische Fasern führen und häufig verkalkt sind. Im letzteren Falle treten sie erst nach Entkalkung des Knochens durch Chlorwasserstoffsäure oder dergl. hervor, und ihre Einsenkungsstelle an der Oberfläche ist durch eine microscopische kleine trichterförmige Vertiefung bezeichnet. In Alkalien quellen sie langsam auf, wodurch sie sich vom elastischen Gewebe unterscheiden.

Die Blutgefässe folgen in den Röhrenknochen dem Verlauf der Gefässkanälchen in der compacten Substanz. Sie dringen als Ausläufer feiner Arterien und Venen an allen Punkten der Oberfläche vom Periost her in dieselbe ein (Fig. 40), verästeln sich dichotomisch, bilden langgestreckte rhombische Maschen in den Röhrenknochen, die deren Längsaxe parallel laufen. Theils weiter, theils enger bis zum Durchmesser von Capillaren zeigen sie doch stets den Bau der letzteren. Ihre mit Endothel bekleidete Wandung adhärirt der Wand der Gefässkanälchen mittelst zahlreicher sternförmiger Inoblasten, die eine lockere Adventitia darstellen. An denjenigen Punkten der Oberfläche, welche mit festeren sehnigen Ansätzen von Muskeln oder Ligamenten bedeckt sind, treten sie sparsam ein. Die Grundlamellen der Rinde werden von den verhältnissmässig sparsamen Gefässen des Periosts ernährt; letztere zeichnen sich durch fast directen Uebergang (S. Gefässsystem, Capillaren) der Ar-

terienenden in kleinste Venen oder venöse Capillaren aus. Nach der Markhöhle hin anastomosiren die Blutgefässe der compacten Substanz mit weiteren Gefässen, welche in die trichterförmigen Mündungen der Gefässkanälchen, die von letzteren in die Hohlräume der spongiösen Substanz führen, eintreten, und deren Adventitia in Haufen von Fettzellen eingebettet ist. Letztere setzen sich scheidenförmig und von einigen Capillargefässen durchzogen in die innersten Gefässkanälchen der compacten Substanz fort.

Fig. 40.



Längsschnitt der Rindensubstanz eines injicirten und entkalkten Röhrenknochens. *P* Periost, *g* Blutgefässe. V. 100.

Die spongiöse Substanz erhält ihr Blut aus stärkeren Gefässen, welche zum Theil als *Vasa nutritia* ossium mit blossem Auge sichtbar sind. Vermöge der Ernährungslöcher, Foramina nutritia (S. 59), dringen sie, die compacte Substanz durchsetzend und mit deren eigenen Gefässen capillare Anastomosen eingehend, in die Markhöhlen ein. Sie zeigen — mit Ausnahme der Schädelvenen (s. Gefässsystem) — den gewöhnlichen Bau der Arterien, resp. Venen, lösen sich in der Markhöhle in weite, sehr dünnwandige Capillaren auf, die ein engmaschigeres Netz bilden, als es in der Rinde vorhanden ist. Der Uebergang erfolgt durch arterielle Capillaren von kleinerem Caliber als die netzförmig angeordneten Capillargefässe, welche letzteren durch allmälige Erweiterung in die ebenfalls sehr dünnwandigen Venen sich fortsetzen.

Bei kleineren Säugethieren (sowie beim Frosch) ist in der Axe der Markhöhle eine längslaufende Arterie vorhanden, deren radiär verlaufende Aeste in Capillaren einmünden. Die letzteren ergiessen ihr Blut in weite netzförmig verbundene Venen, die sich nach der Axe fortsetzen und als eine oder mehrere Hauptvenen die Arterie begleiten. Endothel ist in diesen Venen nicht nachgewiesen. — Ranvier (1875) sah perforirende Fasern auch in den sog. Schaltlamellen (S. 63).

Die Epiphysen der langen Knochen, sowie die kurzen Knochen erhalten ihr Blut aus zahlreichen, an allen Punkten, die nicht überknorpelt sind und an welchen sich keine festen sehnigen Ansätze von Muskeln oder Ligamenten befinden, vom Periost her in die Substanz eindringenden Gefässen. Letztere verhalten sich übrigens wie die Gefässe der Markhöhle langer Knochen.

Die platten Knochen differiren nach ihrer Dicke. In den feinsten, wie im Os lacrymale, der Lamina papyracea oss. ethmoid., auch im Os palat. an dünnen Stellen des letzteren sind gar keine Gefässkanälchen vorhanden. Andere platte Knochen, die sehr dünn sind, wie einige Theile der Oss. sphenoid. frontis und temporum, besitzen nur compacte Substanz, resp. in deren Havers'schen Kanälchen verlaufende Gefässe. Dasselbe gilt für die durchscheinenden Parthien der Scapula, des Os ilium in der Fossa iliaca und Acetabulum. Die dicksten Theile mancher platten Knochen verhalten sich ähnlich wie ein kleiner Röhrenknochen, z. B. der Unterkiefer, das Os hyoideum, sowie der Processus coracoideus. Die meisten platten Knochen aber erhalten viele an ihrer Oberfläche eintretende Gefässe, welche in die grösseren ebenfalls durch bestimmte Foramina nutritia gelangen. Die platten Schädelknochen erhalten Arterien nicht nur vom Pericranium, sondern auch von der Dura mater aus; ihre Venen dagegen verlaufen an der Innenseite und beziehen Blut aus den kleineren Gefässen der Diploë.

Die Gefässe der Epiphysen und Diaphysen anastomosiren sowohl unter einander, als mit denen benachbarter Theile, namentlich der Gelenkkapseln, und dasselbe gilt für die kurzen Knochen.

Lymphgefässe der Knochen sind in älterer Zeit injicirt an Rückenwirbeln, Sternum, Rippen, Condylus medialis oss. femoris, stets von aussen eindringend wie die Blutgefässe.

Knochenmark.* Dasselbe wird unterschieden als rothes, gelbes und gelatinöses. Das *rothe* oder lymphoide ist in den kurzen und platten, sowie in den Epiphysen der langen Knochen vorhanden: es besteht aus einem Netzwerk kernhaltiger, sternförmig anastomosirender Inoblasten, die sich an die Blutgefässadventitien anschliessen und mit denselben zusammenhängen. In den Lücken zwischen den Inoblasten-Ausläufern, auch in der Gefäss-Adventitia, finden sich Riesenzellen, von denen zwei Arten* vorkommen. Die eine entspricht der anderwärts (S. 17, Fig. 4. S. 74) gegebenen Beschreibung vollständig; die zweite Art ist im Allgemeinen kleiner, blasser, feiner granulirt, von mehr rundlicher Form, wie es scheint von geringerem spec. Gewicht, und zeichnet sich durch Zusammendrängung ihrer Kerne im Centrum aus, die ohne Reagentien leicht wahrgenommen werden können. Amöboide Bewegungen sind nur an den ersteren beobachtet. Ausserdem kommen zahlreiche Leukoblasten, *Markzellen*, vor, die mit einem oder zwei Kernen versehen sind und ebenfalls amöboide Bewegungen zeigen. Einzelne zugleich etwas kleinere, nicht granulirte Markzellen bieten eine schwach *gelbliche* Färbung ihres Protoplasma, welches als dünner homogener Ring den Kern umgibt. Zwischen ihm und der gefärbten äussersten Peripherie der Zelle bleibt öfters noch ein heller farbloser Zwischenraum. Der Kern ist gewöhnlich fast ebenso gross als die Zelle, kann auch excentrisch liegen, hat ein sehr kleines Kernkörperchen; einzelne dieser gelblichen Markzellen haben zwei Kerne oder besitzen Theilungsformen von solchen. Daher sind diese Markzellen als Entwicklungsstadien rother Blutkörperchen zu betrachten, wonach das rothe Knochenmark eine Blut bildende Function haben würde. Solche gelbliche Zellen werden auch innerhalb der Blutgefässe des Knochenmarks beobachtet. — Die Markzellen gelangen wahrscheinlich sowohl in die Lymphgefässe des Knochens, als in die Venenanfänge des Markes. Ausserdem enthält das rothe Knochenmark Fettzellen, die, meistens einzeln gelagert, das Maschenwerk der Inoblasten unterbrechen.

Das *gelbe Knochenmark* nimmt die Markhöhle der Röhrenknochen ein. Es besteht hauptsächlich aus Fettgewebe, welches in Träubchen angeordnet ist und in microscopischen Zellenhaufen der Adventitia der Blutgefässe anliegt, sich auch in die kleineren Hohlräume an der Grenze der compacten Substanz (Fig. 39 *F*) und in die grösseren Gefässkanäle derselben fortsetzt. Markzellen sind spärlich. — Das *gelatinöse* Knochenmark ist eine reichlicher mit Gewebssaft, der einen Mucin-ähnlichen Körper gelöst enthält, resp. Lymphe durchtränkte Varietät des rothen, welcher die Fettzellen des gelben, sowie die gelblichen Markzellen des rothen Markes, nicht aber die sternförmigen Inoblasten fehlen; es kommt an einzelnen Stellen der Röhrenknochen neben dem gelben Marke (und besonders in den Metacarpus- und Metatarsusknochen bei Kaninchen etc.) vor.

Einige Tage nach dem Tode treten häufig microscopische Krystalle im Knochenmark auf, welche Doppelpyramiden mit Winkeln von 18° und 162° darstellen. Sie sind mattglänzend, einfach-brechend, in Wasser löslich und zeichnen sich durch eigenthümliche Biegsamkeit, sowie durch Zerfall in unregelmässige würfelförmige Bruchstücke aus. Vielleicht sind sie eine Erscheinungsweise des im gelatinösen Mark auftretenden Mucin-ähnlichen Körpers in fester Form.

Die Nerven der Knochen stammen theils von den grossen Nervenstämmen der Extremitäten, resp. ihren Aesten: Nn. musculocutaneus, circumflexus brachii, medianus, radialis, cruralis, ischiadicus, tibialis, welche feine Zweige aussenden, die durch die Ernährungslöcher mit den Aa. nutritiae in die Markhöhle der betreffenden Röhrenknochen ein-

* E. Neumann. Ueber die Bedeutung des Knochenmarkes für die Blutbildung. Arch. d. Heilk. Bd. 10, S. 68, 1869.

treten und sich mit denselben verzweigen. Andere kommen vom N. trigeminus, wie die Nerven der Dura mater, resp. der platten Schädelknochen, so der Nerv der Pars frontalis Oss. frontis vom N. supraorbitalis; der N. spinosus der A. meningea media, deren Plexus übrigens von sympathischen Fasern gebildet wird; der N. tentorii cerebelli aus dem N. ophthalmicus; ein Faden aus dem N. maxillaris inferior, der lateralwärts neben dem Foramen ovale von unten in das Os sphenoid. eintritt; endlich Fäden, die aus dem vorderen Ende der inneren Aeste von Intercostalnerven hervorgehen und in die hintere Fläche des Sternum eintreten. Theils stammen sie vom Anfange der Spinalnerven jenseits der Spinalganglien und zugleich von den Grenzganglien des Sympathicus: so verhalten sich die in die hintere Fläche der Wirbelkörper eintretenden, sowie die Vorderwand des Canalis sacralis und den ersten und zweiten Wirbel des Os coccygis versorgenden Fäden. Auch in die Wirbelbögen gelangen solche von oben her. Ebenso führen die Venen-Adventitiae und das Periost des Canalis spinalis, sowie das der Vorderfläche der Wirbel, Nerven; die Vorderfläche des Kreuzbeins erhält solche aus einem Sacralganglion des Sympathicus und die Seitentheile des Os sacrum, sowie die Rippen bekommen Fäden aus den für die Hinterfläche der Wirbelkörper bestimmten Zweigen. Jene dringen in die Rippen lateralwärts vom Capitulum am unteren hinteren Rande des Collum costae; endlich wird das Sternum von Zweigen der Intercostalnerven versehen, die in seinem hinteren Periostüberzuge verlaufen.

Die Knochen- resp. Periostnerven führen feine doppeltcontourirte und blasse Fasern mit kernhaltiger Scheide. Manche Nerven vertheilen sich in der äusseren Schicht des Periost, andere treten mit den kleinen Arterien an der Oberfläche der Epiphysen, kurzen und platten Knochen ein. Sie lösen sich in einzeln verlaufende doppeltcontourirte Fasern auf, die dichotomische Theilungen darbieten. Sie endigen, soweit sie der Muscularis der Blutgefässe angehören, mit blassen Endfasern (welche auch in den Gefässkanälchen durch Vergoldung dargestellt zu sein scheinen); am Periost dagegen mit Vater'schen Körperchen, die wenigstens an einzelnen Stellen nachgewiesen sind: Canalis infraorbitalis, Dura mater am Hiatus canalis facialis, Periost der Processus transversi des Atlas und Epistropheus, des oberen Randes der ersten Rippe am Ursprung des M. scalenus medius, des Processus coracoideus, des Humerus, des Radius, der Ulna, der Dorsalseite der Oss. metacarpi, Periost des Femur, der Tibia, Fibula, der Oss. metatarsi an der Volar- und Dorsalseite.

Nach allen diesen Thatsachen ergeben sich die doppeltcontourirten Nervenfasern der Knochen als sensible; die blassen sind Gefässnerven und endigen in der Musculatur der Blutgefässe.

Knochenwachsthum. Das hier beispielsweise gewählte Os femoris des Erwachsenen ist etwa fünfmal länger als das des Neugeborenen, und die anderen Dimensionen vergrössern sich verhältnissmässig. Analoges Wachsthum zeigen alle übrigen Knochen und auch die Löcher in compacter Knochensubstanz, durch welche Gefässe oder Nerven treten, vergrössern sich entsprechend, resp. rücken weiter auseinander.

Zur Erklärung dieser Thatsachen bieten sich zwei Möglichkeiten. Entweder wächst der Knochen durch Aufnahme kleinster Theile in seine Substanz, durch *interstitielles Wachsthum*, intercelluläres Wachsthum, Intussusception, Expansion, Integral-Erneuerung, oder es findet aussen am Knochen unter dem Periost, sowie an seinen Enden *Apposition*, Juxtapposition, neuer compacter Substanz statt, während die innersten Schichten der letzteren von der Markhöhle aus fortwährend resorbirt werden. Nach dieser Annahme muss also der Knochen während des Lebens einer mehrmaligen vollständigen Erneuerung unterliegen. Eine dritte Möglichkeit ist die, dass Apposition und interstitielles Wachsthum zugleich an denselben Knochen stattfinden.

Microscopisch unterscheidet sich der Knochen des Erwachsenen von demjenigen des Embryo, was die compacte Substanz betrifft, durch eine grössere absolute Anzahl seiner Knochenkörperchen, durch grössere Distanzen der letzteren von einander, durch weiteren Abstand der Gefässkanälchen unter sich und durch grössere Anzahl der Speciallamellen, welche die Gefässräume umschliessen. Grössere Abstände der Knochenkörperchen beim Erwachsenen im Gegensatz zu fötalen Knochen ergeben sich nach den Messungen von Ruge (1870, für Röhrenknochen resp. Unterkiefer) und namentlich von Eberth mit Strelzoff (1873, für Röhrenknochen von Rinds-Embryonen) und mit Schachowa (1873, für den knöchernen Scleroticalring junger im Vergleich zu ausgewachsenen Tauben). Abgesehen von den angegebenen Differenzen sind Diaphysen und Epiphysen an den Röhrenknochen untrennbar und knöchern mit einander verwachsen, während die Diaphyse des Neugeborenen von jeder daranstossenden Epiphyse durch einen *intermediären Knorpel* getrennt ist, der eine dünne Lage hyaliner Knorpelsubstanz darstellt und gleichzeitig mit dem Aufhören des Wachsthums verschwindet. An der Peripherie der Röhrenknochen, sowie an den kurzen Knochen, soweit beide nicht überknorpelt sind, liegt eine microscopische aus (primären s. unten) Osteoblasten bestehende Cambiumschicht (S. 68) zwischen Knochen und Periost. Dieselbe findet sich unter dem Periost platter Knochen, z. B. des Schädels, auf deren äusserer Seite und die Verbindungen durch Suturen enthalten ebenfalls Osteoblasten, die mit dem Aufhören des Wachsthums dieser Knochen, wie öfters die Suturen selbst, verschwinden. Die Form der Knochen ändert sich während des Wachsthums beträchtlich, und speciell an den platten Knochen vergrössern sich die Krümmungsradien ihrer Innen- und Aussenflächen einander proportional.

Die Geweihe des Genus Cervus wachsen, nachdem sie abgeworfen sind, durch Verknöcherung des Periosts von Zapfen, welche auf der Stelle der Tubera frontalia aufsitzen, von Neuem. — Schlägt man in die Epiphyse eines Röhrenknochens eines jungen, rasch wachsenden Thieres einen Stift von Silber oder dergl. (Hales, 1727, wandte Nadeln an) und in gemessener Entfernung einen zweiten in die Diaphyse desselben Knochens, so vergrössert sich der Abstand beider Stifte von einander während des Wachsthums bedeutend. Werden dagegen zwei Stifte bei einem jungen Säugethier beide in die Diaphyse eines Röhrenknochens eingeschlagen, so ändert sich ihr Abstand während des Wachsthums durchaus nicht (Du Hamel, 1742; J. Hunter, 1800; Flourens, 1842; Lieberkühn, 1872; Wegener, 1874 u. A.). Selbst dann nicht, wenn die Genauigkeit der Messungen (W. Krause mit L. Lotze, 1875) etwa 0,5 % der zu messenden Grösse erreicht. Beispielsweise wuchs die Tibia eines französischen Kaninchens (d. h. eines Abkömmlings von Bastarden zwischen Hasen und Kaninchen) binnen ca. drei Monaten von 105 auf 120 Mm. Länge: der Abstand von zwei in die Tibia-Diaphyse getriebenen Silberstiften betrug anfangs wie nach Ablauf der genannten Zeit 39,9 Mm. mit einem wahrscheinlichen mittleren Fehler von ca. 0,1. Andere Beobachter (Schon die beiden erstgenannten; J. Wolff, 1870; Lieberkühn, 1872; Ollier, 1873; Wegener, 1874 u. s. w.)

Strelzoff Vorläufige Mittheilung, Medic. Centralblatt, 1872, Nr. 19 u. 1873 Nr. 18. — Ueber die Histogenese der Knochen in den Untersuchungen aus d. path. Inst. zu Zürich, 1. Heft, Leipzig, Engelmann 1873. Ueber Knochenwachsthum, eine Erwiderung an A. Kölliker, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11, p. 33, 1875.

haben freilich ausnahmsweise ein Auseinanderrücken solcher Stifte beobachtet. Es liegt jedoch die Annahme nicht fern und ist von Lieberkühn, Wegener etc. in der That vertreten worden, dass es sich in diesen Ausnahmsfällen lediglich um zufällige Fehlerquellen, Verbiegungen oder um schräg eingeschlagene Nägel gehandelt habe.

Ganz analoge Resultate ergeben für die Theorie des Dickenwachsthums der Röhrenknochen etc. unter das Periost geschobene Metallplatten oder um den Knochen gebogene Dräthe, die sämmtlich während des Wachsthums in das Innere der Knochen gelangen.

Füttert man junge Thiere mit Krapp, dessen Farbstoffe eine chemische Affinität zur Kalkerde der Knochen besitzen, so färbt sich nur der während der Fütterung neugebildete Knochen beträchtlich: eine innen am Periost anliegende Schicht und die ihren Epiphysen benachbarten Theile der Diaphysen sind nach kurzer Fütterungsdauer geröthet, während die übrige compacte Substanz weiss geblieben ist. Setzt man die Fütterung aus, so bleiben umgekehrt diejenigen Theile der Knochen länger roth, an welchen keine äussere Apposition (s. unten), sondern im Gegentheil Resorption stattfindet.

Diese Thatsachen in ihrem Zusammenhange erklären sich sämmtlich vollständig aus der Appositionstheorie, und letztere erhebt sich dadurch von einer Möglichkeit zum Range eines bewiesenen Naturgesetzes. Indessen wird von anderer Seite das appositionelle Wachsthum entweder überhaupt bestritten und das interstitielle allein angenommen (J. Wolff, 1868—1874, Eberth mit Strelzoff, 1873) oder doch dem letzteren, wenigstens unter Umständen, ein geringer Antheil am Längenwachsthum (R. Volkmann, 1862; Strassmann, 1863, und Hüter, 1864, für den Unterkiefer; Ollier, 1873, an Femur und Tibia von Vögeln 2—2,5%; u. A.), des Gesammtwachsthums zugeschrieben. Schon Brullé (1844) und Henle (1845) vermutheten, dass sich neue Lamellen den äussersten Speciallamellen jedes Gefässkanälchens anlagern möchten (dagegen spricht, dass Ranvier (1875) die Knochenkörperchen-Ausläufer der letztgenannten Lamellen manchmal rückläufig werden sah). Die Annahme eines interstitiellen Wachsthums wird von J. Wolff hauptsächlich auf die Orthogonalität der Spongiosa gestützt, welche während des Wachsthums vom Neugeborenen zum Erwachsenen sich gleichbleibt. Dabei nehmen deren knöcherne Maschen an absoluter Grösse zu, die geometrische Aehnlichkeit ihrer Zug- und Druckcurven, sowie des Ortes der Kreuzungsstellen, welche die Bälkchen darbieten, bleibt während des Wachsthums erhalten. Die Anzahl der Maschen nimmt zu, während ihre Dimensionen sich vergrössern (Kölliker, 1873) und ihre Form dieselbe bleibt (J. Wolff, 1869). Auch diese Thatsachen lassen sich jedoch aus der Appositionstheorie befriedigend erklären, sobald man eine fortwährende Resorption an einigen Oberflächenstellen der kleinsten Bälkchen und Neubildung von Knochensubstanz an anderen Stellen derselben voraussetzt. Dies ist aber vollkommen zulässig, resp. selbstverständlich, da der Stoffwechsel sich ohnehin im gegebenen Augenblicke auf allerkleinste Theilchen, Molecüle, seiner Natur nach beschränkt. Unerklärt bleibt nur, weshalb die Maschen überhaupt jemals annähernd rechtwinklige Formen haben, oder weshalb jeder Knochen eine ganz bestimmte gesetzmässige Anordnung seiner Spongiosa-Bälkchen zeigt (S. 65), was von H. Meyer (1867) entdeckt worden ist. Der Umstand, dass diese Anordnung zweckmässig ist, insofern mit geringerem Aufwand von Material, gerade wie bei einem künstlichen Bauwerk, grössere Festigkeit erreicht wird, gibt keinerlei Aufschluss darüber, wie jene Anordnungen entstanden sind. Verständlich werden sie nur nach den Principien der Descendenztheorie, da die Organismen überhaupt nützliche Einrichtungen durch Anpassung und Vererbung sich eigen zu machen pflegen. Dies hat Bardeleben (1871) besonders für die Wirbel hervorgehoben, ohne dass bisher Genaueres durch speciell darauf gerichtete Untersuchungsreihen zu ermitteln versucht worden wäre. Obige Thatsache ist jedoch insofern gegeben und widerspricht an sich weder der Appositions- noch der Intussusceptionstheorie. In Wahrheit jedoch kann die supponirte Orthogonalität der Spongiosa, wie ein Blick auf Fig. 38 (S. 64) lehrt, zwar als im statischen Sinne vorhanden angenommen werden. Keineswegs ist jedoch dabei an mathemathische Oblonga zu denken, vielmehr deuten gerade die unregelmässigen Formen der Spongiosa-Maschen auf complicirte Wachsthumsvorgänge. Die Vergrösserung der Markhöhle (und analoger Binnenräume anderer Knochen) resultirt nicht aus vollständiger Resorption, sondern gleichsam durch Aufblättern der angrenzenden compacten Substanz (Kölliker, 1873), indem die letztere überhaupt gleichsam eine zusammengedrängte Spongiosa darstellt (J. Wolff).

Es ist also nothwendig, ausser der Apposition an gewissen Stellen eine damit Hand in Hand gehende Resorption an anderen bestimmten Stellen anzunehmen, von denen gemeinschaftlich die Form-Aenderungen der Knochen während des Wachsthums bedingt werden. Hiermit sind die Resultate der microscopischen Beobachtungen im Einklang.

Was zunächst die *Apposition* anlangt, so ergibt sich Folgendes. Man muss ein endochondrales oder intracartilaginöses und ein entweder perichondrales oder periostales oder intermembranöses Wachsthum unterscheiden. Beide zusammen werden auch als neoplastisch (Eberth mit Strelzoff, 1872) den metaplastisch aus Knorpel oder Bindegewebe entstehenden Knochen gegenübergestellt. Knorplig vorgebildete, nach dem metaplastischen Ossificationstypus entstehende Knochen sind nur der Unterkiefer und die Spina scapulae; die Wachsthumserscheinungen an denselben hat jedoch Kölliker (1873) auf den gewöhnlichen (neoplastischen) Typus zurückzuführen gesucht. Zu den aus Bindegewebe metaplastisch hervorgehenden Knochen sollen die Vogelsehnen (in Wahrheit Bindegewebsverkalkung) und ferner die Schädeldeckknochen des Hühnchens gehören.

Das e n d o c h o n d r a l e Wachsthum der Röhrenknochen gestaltet sich folgendermassen. An der Grenze zwischen Diaphyse und intermediärer Knorpellage der Röhrenknochen zeigt sich beim wachsenden Knochen eine eigenthümliche Anordnung, das *Richtungsphänomen* der Knorpelkörperchen. Während letztere in der hyalinen Grundsubstanz, der Hauptmasse des intermediären Knorpels unregelmässig zerstreut sind, treten nach der Diaphyse hin rundliche und längliche Gruppen von Körperchen auf, die bald in Säulen übergehen. Letztere erscheinen auf dem senkrechten Längsschnitt als parallele etwas windschief gebogene Reihen oder Säulen (Platner, 1844), in welchen die einzelnen Knorpelkörperchen in die Länge gezogen, birnförmig, mit ihren schmaleren Enden über einander greifend, und stets mit ihrer Längsaxe senkrecht auf die der Säule gestellt sich präsentiren. Die Körperchen sind dichter gedrängt als im übrigen Gelenkknorpel, die Grundsubstanz relativ vermindert. Zwischen den Längsreihen treten schmale Züge stärker lichtbrechender, homogener Knorpelsubstanz auf, ebenfalls der Länge nach angeordnet und unter einander anastomosirend (Fig. 41).

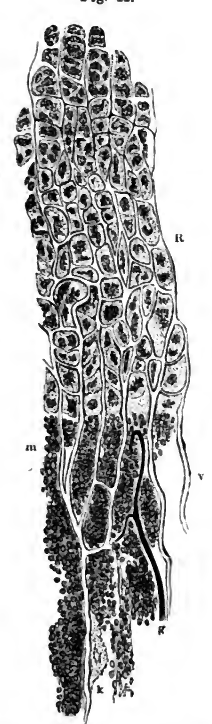
Auf dem Querschnitt erscheinen abgerundete kleine Gruppen rundlicher Knorpelkörperchen durch analoge Züge stärker lichtbrechender Grundsubstanz gesondert. Die scheinbaren Längsreihen des Längsschnitts sind mithin parallele Säulen, gerichtet, wie Zimmerleute die Eckpfeiler eines Zimmers senkrecht aufrichten: Richtungsphänomen der Knorpelzellen. Die stärker lichtbrechenden Streifen aber repräsentiren kein Balkenwerk, sondern sind der optische Ausdruck von knorpligen Septis, welche, obgleich sie stellenweise durchbrochen sind, die Säulen umscheiden und in längliche Abtheilungen bringen.

In den rundlichen oder länglichen Gruppen, welche die Knorpelkörperchen epiphysenwärts von den Säulen bilden, sowie in den Säulen selbst, liegen sie zahlreicher gedrängt, als im übrigen Knorpel. Es wird mit Rücksicht auf einzelne zu beobachtende Theilungsformen angenommen, dass ein lebhafter Neubildungsprocess aus einer Knorpelzelle deren viele hervorgehen lässt, wobei die neugebildeten nach der Diaphyse hin weiterrücken, so dass jede Säule einer oder wenigen Knorpelzellen ihren Ursprung verdankt.

Auf die Zone der dichtgedrängten Knorpelkörperchen folgt nach der Diaphyse zu eine schmalere, deren Ausdehnung in keinem constanten Verhältniss zu der erstgenannten steht. Die Septa stärker lichtbrechender Grundsubstanz treten mehr hervor, die Knorpelkörperchen sind zu Fortsetzungen der Säulen angeordnet, welche gleichsam von Knorpelschläuchen umgeben und durch quere Septa abgetheilt werden. Besondere Verhältnisse zeigen sich an dem Ossificationsrande des Epiphysenknorpels, wenn das Wachsthum aufzuhören beginnt: bei Kindern, neugeborenen Kälbern und Kaninchen. Zwischen den Knorpelschläuchen ist eine dünne, gegen den Knochen hin mächtiger werdende fasrige Grundsubstanz vorhanden, die sich durch Carmin röthet, falls die Knorpel-

substanz durch Hämatoxylin vorher oder besser nachher blau tingirt wird. v. Brunn (1873), der dies Verhalten nachwies, nannte die Fasern (1874) elastische Stützfasern. Hierfür liesse sich anführen, dass es Deutschmann (1873) gelang, elastische Fasern im Netzknorpel durch Carmin zu färben. — Die Knorpelkörperchen sind grösser, kuglig, resp. polyedrisch; sie stossen unmittelbar an einander. Die Kapseln sind dickwandiger, scharf markirt, das Protoplasma der lebenden Knorpelzellen wasserklar, die Form der letzteren wie die ihrer Kapseln, die Kerne und Kernkörperchen deutlich. Ersteres gerinnt durch Chromsäure, füllt die Kapsel nicht mehr aus, worin ein eckiges körniges, oft zackiges oder sternförmiges Gebilde erscheint (Fig. 41), welches keineswegs einen Uebergang von Knorpelzelle zu Knochenzelle darstellt, sondern dessen Form und körnige Beschaffenheit Kunstproduct ist. Die beschriebene stärker lichtbrechende Grundsubstanz wird häufig verkalkt angetroffen, wie überhaupt die Grundsubstanz der Gelenkknorpel nahe dem Knochen hier und da nicht selten Infiltrationen mit Körnchen von kohlensaurer Kalkerde darbietet, die zuerst in der unmittelbaren Umgebung der Knorpelkörperchen auftritt.

Fig. 41.



Senkrechter Durchschnitt durch den Verknöcherungsrand eines Diaphysenendes. Chromsäure. V. 120. *R* Säulen von Knorpelzellen. *m* Primäre Markräume mit Osteoblasten dicht gefüllt. *g* Blutgefäss. *v* Reste verkalkten Knorpels zwischen den Markräumen eine Scheidewand bildend. *k* Erste Anlagerung von Knochensubstanz, in welcher ein Knochenkörperchen zu erkennen.

Auf die Zone der hellen grossen Knorpelkörperchen folgt nun die des eigentlichen Ossificationsrandes. Die Knorpelkapseln und die sie verkittende Grundsubstanz gehen durch Atrophie, Einschmelzung, Resorption, zu Grunde, indem körniger Zerfall auftritt; was von den freigelegten Knorpelzellen wird, ist nicht sichergestellt: nach einer verbreiteten Annahme (S. unten) vermehren sie sich durch Theilung, wobei ihre Grösse bis zu der von Lymphkörperchen herabsinkt. Die stärker lichtbrechenden Septa aber bleiben erhalten, mitunter sogar noch im fertigen Knochen als Reste verkalkten Knorpels — sie umschliessen die *primären Markräume*. Solche sind von unregelmässig buchtiger Gestalt, liegen in der Verlängerung der Knorpelkörperchen-Säulen, führen in ihrer Axe Blutcapillaren, die schlingenförmig umbiegen und mit den Gefässen der angrenzenden Knochen-Markhöhle communiciren. Die Markräume hängen unter einander zusammen und enthalten ausser feinkörnigem Detritus der eingeschmolzenen Knorpelkörperchen eine grosse Anzahl von Markzellen, Osteoblasten. Dies sind die Jugendformen der Osteoblasten in den fertigen Knochen. Sie bilden in den nach dem Knorpel hin stets rundlich aufhörenden Enden der primären Markräume dichtere Haufen; diaphysenwärts aber tapezieren sie in zwei gesonderten Lagen wie ein unregelmässiges Endothel einestheils die Innenwand des Markraums aus, anderntheils überkleiden sie die axialen Blutgefässe, resp. die feinen Bindegewebszüge, welche letztere begleiten. Solche *primäre Osteoblasten* oder Osteoplasten sind körnig, kernhaltig, etwas grösser als Lymphkörperchen, unregelmässig rundlich und polyedrisch, wenig abgeplattet, mitunter spindelförmig; zwischen der auskleidenden Lage und den knorpligen Schlauchwänden treten dünne Lagen echter Knochensubstanz mit sternförmigen Osteoblasten auf. Diese reifen oder eigentlichen Osteoblasten bleiben als centrale kernhaltige Reste jener primären Osteoblasten zurück. Letztere bilden mit ihrem peripherischen Theile, namentlich mit ihren Enden, indem sie sich spindelförmig ausziehen, wobei ihre Enden sich verbreitern und auffasern, den zugleich verkalkenden Knochenknorpel. Die primären Osteoblasten sind also den Inoblasten des fasrigen Bindegewebes gleichwerthig; ihre sich durchkreuzenden Ausläufer bilden mit Kalkerden infiltrirt die erwähnte (S. 61) fasrige Grundsubstanz des Knochengewebes. Durch die Verknöcherung der peripherischen Theile benachbarter Osteoblasten und Verschmelzung derselben untereinander werden die centralen Zellenreste jede in die Höhle eines Knochenkörperchens eingeschlossen.

Die Herkunft der primären Osteoblasten ist nicht aufgeklärt. Seit Miescher (1836) hat man vielfach (Henle, 1841; Bidder, 1843; H. Meyer, 1849; Virchow, 1850; Remak, 1852; Kölliker, 1852; Virchow, 1853; u. A.) behauptet, dass Knochenzellen direct aus Knorpelzellen hervorgehen, indem letztere sternförmig werden und die Parietalwand verkalkt. Auf diese Art entsteht jedoch nur verkalkter Knorpel, kein Knochen. Ersterer bildet gleichsam nur eine Vorzeichnung, die ausgelöscht werden muss: er geht atrophisch zu Grunde und seine Bestandtheile werden resorbirt. Auf's Entschiedenste behauptet Stieda (1872 u. 1875) vollständigen Untergang der schrumpfenden Knorpelzellen am Verknöcherungsrande, während v. Brunn (1873), wie früher Kölliker (1847), zeigte, dass die Knorpelzellen rundlich bleiben und ihre Kapseln vollständig ausfüllen. Man betrachtet daher die Osteoblasten des Verknöcherungsrandes entweder (Baur, 1857; H. Müller, 1858; etc.) als letzte Abkömmlinge von den sich theilenden Knorpelzellen jener Säulen, oder (Gegenbaur, 1864; Rollett, 1868; Stieda, 1872) als Elemente des in den Knorpel hineingewucherten osteogenen Gewebes, oder als aus den Gefässen des schon fertigen Knochens ausgewanderte Leukoblasten, die dann theils zu primären Osteoblasten, theils zu Bindegewebszellen und Fettzellen des späteren fertigen Knochenmarkes werden sollen. — Ausserdem kommen in den primären Markräumen hier und da Riesenzellen vor.

* Stieda – Die Bildung des Knochengewebes, Leipzig, Engelmann 1872
Studien über die Entwickelung der Knochen und des Knochengewebes. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11 1875. (enthält ein Referat über Lovén's Abhandlung (1863) und eine Kritik über Strelzoff).
+ v. Brunn, Beiträge zur [illegible] 1874 p. 1.

Im Wesentlichen ebenso wie an den Diaphysenenden der langen Knochen geschieht die Verknöcherung an der gegenüberliegenden Fläche der zugehörigen Epiphyse. Nur fehlt die charakteristische Säulenordnung der Knorpelkörperchen und statt derselben erscheinen rundliche oder längliche Haufen von Knorpelzellen, die durch eine gemeinschaftliche Kapsel umgeben werden, ziemlich nahe an einander gedrängt. Die Bildung der primären Markräume, und was darin liegt, verhält sich aber ebenso wie an den Epiphysen, und dasselbe gilt von den kurzen Knochen, sowie den Epiphysen der langen, die von einem oder mehreren Ossificationspunkten aus verknöchern; es treten dann rundliche, macroscopisch sichtbare *Knochenkerne* in der hyalinen, zum Theil von Gefässkanälchen — *Knorpelkanälchen* — durchzogenen Grundsubstanz auf. In den Diaphysen langer Knochen finden sich ebenfalls Ossificationspunkte, Knochenkerne, im Fötalzustande. Zum Theil geschieht die Verknöcherung vom Periost aus: periostale Verknöcherung.

Ueberall, wo wachsende Knochen vom Periost überdeckt werden, liegt zwischen beiden eine einfache oder mehrfache Lage primärer Osteoblasten: die Cambiumschicht des Periosts. Auch hier auf der Aussenfläche der Knochen gestalten sich die Ossifications-Vorgänge, wie an den Binnenwänden der primären Markräume. — Die platten Schädelknochen, der Paukenring, welcher das Trommelfell kreisförmig umschliesst, und die Gesichtsknochen sind niemals knorplig präformirt. Sie erscheinen nur durch Bindegewebsmassen von entsprechender Form vorgebildet, und ihre Verknöcherung ist als intermembranöse von der intracartilaginösen der Knorpel unterschieden worden. So verschieden der macroscopische Vorgang sich gestaltet, bleiben dennoch die microscopischen Veränderungen, Bildung der primären Markräume etc. dieselben, und es ergibt sich, dass das Knochengewebe stets auf die gleiche Art entsteht. Nämlich niemals direct aus Knorpel oder fasrigem Bindegewebe, sondern unter Bildung primärer Osteoblasten mit verknöchernden Ausläufern von den Blutgefässen resp. den hineinwachsenden Gefässschlingen benachbarter Theile aus. Das verknöchernde Markgewebe wird wohl *osteogenes Gewebe* genannt, als eine Erscheinungsform des Bindegewebes und jede Verknöcherung, microscopisch betrachtet, als dem intermembranösen Typus zugehörend aufgefasst. Bei der intracartilaginösen Verknöcherung sind es die Beinhaut oder das Perichondrium, welche gefässhaltige Fortsätze in Knorpelkanälchen hineinsenden.

Was nun die am wachsenden Knochen zugleich stattfindende Resorption betrifft, so geschieht sie an bestimmten Stellen der Oberflächen jugendlicher Knochen, die als *Resorptionsflächen*, typische Resorptionsflächen (Kölliker, 1872), aplastische Flächen (Strelzoff, 1873) bezeichnet werden. Solche finden sich, wo wegen der Form-Aenderung oder wegen Auflockerung des Knochens eine Aufsaugung seiner Substanz zu erwarten ist. Demgemäss befinden sie sich bei Röhrenknochen nicht nur im Innern der Markhöhle, sondern auch an der äusseren Oberfläche unter dem Periost, und werden als *äussere* Resorptionsflächen, modellirende Resorptionsflächen (Hunter, Senff, 1801; Kölliker, 1872) von den *inneren* unterschieden. Ausgezeichnet sind in dieser Beziehung: die *Aussenflächen* der Enden der Diaphysen von Röhrenknochen; der Gelenkenden von kurzen Knochen; vieler Fissuren, Löcher und Kanäle, welche die Knochen trennen oder durchbohren; die äusseren und inneren Oberflächen platter Schädelknochen; der Begrenzungsrand des Foramen magnum und die Wände des Wirbelkanals; die Innenwände der Augenhöhle, Nase mit ihren Nebenhöhlen, sowie der Rippen; gewisse Stellen an den Processus coronoideus und condyloideus des Unterkiefers; am Arcus zygomaticus, den Oss. occipitis, sphenoideum und petrosum; endlich an den Zahnfurchen embryonaler Kiefer. Von *Innenflächen* sind namhaft zu machen: die Wandungen aller grösseren Markräume in den Röhrenknochen, die Substantia spongiosa der Epiphysen, die Diploë der Schädelknochen; in der Nähe der Ossificationsränder verknöchernder Knorpel, sowie auch der Verknöcherungskerne in den Wirbelkörpern und Epiphysen.

Die Anschauungen, welche nicht nur Apposition an den Aussenflächen, Resorption an den Innenflächen der Knochen, sondern Beides auch an jedem einzelnen Bälkchen der Spongiosa anerkennen, hat man als Theorie der beständigen Architektur-Umwälzungen (J. Wolff, 1874) bezeichnet. Seitens des letztgenannten Autors wird die Anerkennung eines mächtigen Stoffwechsels im Innern der Knochen unter möglichster Erhaltung des einmal gebildeten Knochengewebes verlangt. Vorher musste vollständige Auflösung mit gänzlicher Neubildung Hand in Hand gehend, angenommen werden.

Als bequemes Untersuchungsobject ist die innere Oberfläche der Schädeldecke bei Vögeln hervorzuheben (W. Krause mit L. Lotze, 1875), deren Näthe schon bei sehr jungen Vögeln verknöchert sind. Die specielle Anordnung der erwähnten typischen Resorptionsflächen hat Kölliker (1872) entdeckt und bald darauf (Die normale Resorption des Knochengewebes, 1873) am ganzen Skelett des Kalbes verfolgt, resp. abgebildet, und sich überzeugt, dass beim Menschen, sowie anderen Säugethieren keine wesentlichen Abweichungen vorhanden sind.

Alle derartigen Resorptionsflächen oder -Stellen sind durch das häufige Vorkommen von Riesenzellen (S. 70) markirt, während solche innerhalb der primären Markräume nur einzeln angetroffen werden. Ihre Leibessubstanz ist nicht contractil, ihre Form theils abgeplattet-oval, theils sehr unregelmässig; die dem Knochen zugekehrte Fläche zeigt sich mit einem Saum senkrecht stehender kurzer gerader Stäbchen dicht besetzt. Beim erwachsenen Menschen findet man sie sehr selten. Kölliker (1872) lässt sie aus Osteoblasten hervorgehen, schreibt ihnen einen activen Antheil an der Aufsaugung zu und hat sie daher Osteoklasten, Ostoklasten, Knochenbrecher (Ostophagen, Knochenfresser) genannt. Sie färben sich mit neutralem Lakmuspulver violett (Rustizky, 1874) und könnten vielleicht eine Säure (etwa Milchsäure) secerniren. v. Recklinghausen mit Nassiloff (1870) hielt sie für ursprünglich entlang den Blutgefässen angeordnete Leukoblasten; dagegen sah Rustizky (1874), wie vier Markzellen unter dem Microscop zu einer vierkernigen Riesenzelle zusammenflossen. Wegener (1872) erklärte letztere für Proliferationen von Adventitialzellen der Blutgefässe; Bredichin (1867) und Rindfleisch (1869) für freigewordene Knochenzellen, deren Kerne sich vermehrt haben. Die Riesenzellen liegen an den Resorptionsflächen in kleinen von Howship (1815) entdeckten Aushöhlungen, *Howship'schen Lacunen*, Grübchen, Foveolae Howshipianae, und das Zusammenvorkommen der Lacunen und Riesenzellen ist constant. Sogar todte Elfenbeinstückchen, die in den Knochen eines Säugethiers getrieben werden, erhalten eine corrodirte Oberfläche, zeigen Lacunen (Tomes und de Morgan, 1853; Billroth, 1858) und Riesenzellen in denselben (Kölliker, 1873).

Die Bildung der grösseren Markräume setzt bei der beträchtlichen Volumszunahme (S. 71) wachsender Knochen eine Einschmelzung fertigen Knochengewebes voraus. Darauf wird es bezogen, dass an der Grenze zwischen Mark- und Rindensubstanz, sowie an den Wänden der Markräume spongiöser Knochen Riesenzellen häufig auftreten.

Verbindungen der Knochen.

Synarthrosis, unbewegliche Verbindung.

Sie kann eine *Sutur* darstellen, wenn zwei benachbarte Knochenränder durch straffes Bindegewebe vereinigt werden, das in gestreckten Bündeln mit nicht sehr zahlreichen Inoblasten von einem Knochen zum andern hinübergeht. Die *Synchondrose* ist charakterisirt durch ausschliesslich hyalines Knor-

pelgewebe; bei den *Symphysen* überzieht entweder letzteres als continuirliche Lage die Knochenenden, während der Zwischenraum von Faserknorpel ausgefüllt wird, oder es ist nur solcher vorhanden, worin öfters die Knorpelkörperchen spärlich eingestreut liegen. In anderen Fällen sind die letzteren in Gruppen angeordnet, oder Lagen hyaliner Knorpelsubstanz in das Bindegewebe eingesprengt.

Was die einzelnen Synchondrosen anlangt, so findet sich zuweilen zwischen *Corpus* und *Cornu majus* des *Zungenbeins* nur hyaliner Knorpel, oder öfters Faserknorpel. In der Hälfte der Fälle (W. Krause mit Krull, 1875, an 14 Leichen) pflegt jedoch eine Gelenkverbindung (Amphiarthrose) mit ebenen auf einander gleitenden Knorpelflächen vorhanden zu sein, und dasselbe gilt von der Ansatzstelle des *Cornu minus*, die (nach Krull) in etwa 36 % aus bindegewebiger Bandmasse besteht. Jedes dieser beiden Gelenke kann einseitig vorhanden sein, resp. der anderen Körperhälfte fehlen. Die Anordnung der Knorpelzellen ist wie bei den Cartilagines articulares (S. 76) überhaupt.

Die Synchondrose zwischen *Manubrium* und *Corpus sterni* enthält in ihrer Mitte zahlreiche grössere Knorpelkörperchen in leicht fasriger Grundsubstanz; die dem Knochen anliegenden Schichten sind hyalin.

Die *Rippenknorpel* bestehen aus hyalinem Knorpel mit einzelnen faserknorpligen Streifen. An der Oberfläche liegen die abgeplatteten kleinen Knorpelkörperchen der letzteren parallel; in der Tiefe sind sie grösser, zu Gruppen (als sog. Mutterzellen) vereinigt, die von gemeinschaftlichen secundären Knorpelkapseln umgeben werden, und enthalten viel Fett in Form grösserer Tropfen. Das Perichondrium ist reich an elastischen Fasern; es besitzt wenigstens an der hinteren Fläche einzelne Vater'sche Körperchen.

Unter den Symphysen enthalten die *Fibrocartilagines intervertebrales* eine etwa 1 Mm. dicke hyaline Knorpelschicht, welche die obere und untere Oberfläche der Wirbelkörper überzieht und mit Fortsätzen in kleine Löcher und Vertiefungen derselben eingreift. Die Umgebung der Knorpelkörperchen ist häufig mit feinen dunkeln Kalkkörnchen, die sich in Chlorwasserstoffsäure lösen, infiltrirt. An der äussersten Peripherie der Fibrocartilagines liegt eine dünne Lage senkrechter Bindegewebsbündel mit einzelnen Capillaren; die Hauptmasse besteht aus horizontal verlaufenden concentrischen Bündeln, welche durch Septa von feineren und stärkeren elastischen Fasern weiter nach innen auch durch einzeln eingestreute, in Reihen oder rundlichen Gruppen angeordnete Knorpelkörperchen von kugliger oder länglicher Form unterbrochen werden. Die concentrischen Bündel sind weiter nach aussen mehr rundlich und dicht aneinanderstossend, weiter nach innen abgeplattet, mit ihrer Flächenausdehnung horizontal liegend und durch stärkere Septa nebst Knorpel getrennt. Das Centrum enthält einen weichen Gallertkern; in demselben befinden sich zahlreiche Knorpelkörperchen, die zum Theil concentrisch verdickte Knorpelkapseln und kleine eckige Chondroblasten besitzen; sie liegen in einem weichen Gallertgewebe (S. 48). In mechanischer Beziehung erinnert die Anordnung der sich durchkreuzenden mehr peripherischen Septa und Faserbündel an die Fachwerkconstruction der Wirbelkörper (S. 65). Die Faserknorpelscheiben zwischen *Os sacrum* und *coccygeum* und den einzelnen Wirbeln des letzteren besitzen einen nicht quellbaren faserknorpligen Kern und eine peripherische straffe Bandmasse.

Die *Symphysis pubis* zeigt an beiden Oss. pubis eine ca. 2 Mm. dicke Schicht hyalinen Knorpels; die dem Knochen benachbarten Kapseln sind öfters verkalkt. Den Zwischenraum füllt elastischer Knorpel, der nach unten und namentlich nach vorn an Dicke zunimmt und auch die Höhlung der Symphyse begrenzt. Die Höhle hat mitunter kleine höckrige Unebenheiten auf ihren freien Oberflächen.

Die Syndesmosen kommen durch Bänder zu Stande, welche benachbarte Knochen an einander heften, ohne eine directe Beziehung zu Gelenken aufzuweisen. Die Bänder bestehen theils aus kurzen straffen Bindegewebsbündeln; theils stellen sie längere, vorzugsweise elastisches Gewebe enthaltende Streifen, *elastische Bänder,* dar; theils längere bindegewebige Fasermassen vom Bau der Sehnen (S. 43 und 49): *fibröse Bänder.* Theils endlich enthalten sie neben straffasrigem Bindegewebe viele elastische Fasern: *fibrös-elastische Bänder.*

Die *Syndesmosis basilaris* wird von straffen Bindegewebsbündeln gebildet, welche die Fissurae petroso-basilaris und petroso-angularis ausfüllen. Ihre untere Schicht besteht aus mehr parallelen, die obere aus dichten, sich durchkreuzenden Bindegewebsbündeln mit Septis von elastischen Fasern, welche dieser Schicht ein etwas gelbliches Ansehen verleihen.

Elastische Bänder sind die Ligg. intercruralia der Wirbelsäule; sie bestehen aus breiten netzförmig verbundenen, verticalen elastischen Fasern mit spärlichem Bindegewebe und Gefässen. Im elastischen Lig. nuchae des Rindes sind Gefässnerven constatirt.

Die *fibrösen Bänder* führen ihrer Längsrichtung parallele Inoblasten und feine elastische Fasern, häufig auch mehr lockeres Bindegewebe zwischen ihren grösseren Abtheilungen.

Dieses Bindegewebe enthält die sparsamen Gefässe und Nerven, welche letzteren im *Lig. coracoclaviculare* Endigungen mittelst Vater'scher Körperchen zeigen. Einzelne fibröse Bänder führen auch Knorpelzellen: so z. B. im querlaufenden Theil des *Lig. cruciatum* gegenüber dem Zahnfortsatz des Epistropheus. Ferner sind am Ansatz des *Lig. teres* in der Fovea capitis femoris zwischen den feinsten primären Abtheilungen des Ligaments reihenweise gestellte rundliche Knorpelzellen vorhanden. Die Interstitien der grösseren secundären Abtheilungen, namentlich im Innern des Bandes, werden von lockerem, mit Fettzellen reichlich versehenem Bindegewebe ausgefüllt, welches die Aeste der A. und V. acetabuli zum Oberschenkelbeinkopf leitet; dieselben dringen in die Havers'schen Gefässkanälchen des Knochens ein, den letzteren versorgend, wie an Durchschnitten entkalkter Präparate zu sehen ist.

Fibrös-elastische Bänder mit theilweise breiten elastischen Fasern sind die Ligg. nuchae, longitudinale posterius der Wirbelsäule, stylohyoideum und maxillare internum.

Diarthrosis, Gelenkverbindung.

An der Bildung der Gelenke (Bd. II) betheiligen sich die überknorpelten Knochenenden, deren Ueberzüge Cartilagines articulares genannt werden; mitunter Cartilagines interarticulares, Zwischenknorpel; faserknorplige Verlängerungen des Gelenkrandes, Labra cartilaginea, Faserknorpellippen; und Bandscheiben, Ligg. interarticularia, die als faserknorplige, resp. bindegewebige Streifen zwischen den Gelenkenden liegen; die Gelenkkapseln oder Kapselbänder, Ligg. capsularia, bestehend aus der Synovialhaut, Membrana synovialis, und einer strafferen, dieselbe auswendig umgebenden Faserkapsel, Lig. capsulare fibrosum; endlich bei einigen Gelenken Ligg. articulationum accessoria, Hülfsbänder, Haftbänder, welche von einem Knochen zum anderen hinübergespannt sind, theils innerhalb, theils ausserhalb der Gelenkkapsel.

Gelenkknorpel, *Cartilagines articulares,* überziehen die in's Gelenk eingeschlossenen freien Knochenoberflächen in einer 0,2 bis fünf Mm. dicken Lage ganz oder theilweise in der Art, dass ein schmaler, vom Periost bedeckter Knochenstreif mit in das Gelenk einbezogen ist und die Gelenkkapsel sich erst jenseits desselben an den Knochen anheftet. Die Cartilagines articulares bestehen aus hyalinem Knorpel, dessen Körperchen im grössten Theil des Gelenkknorpels rundlich sind und unregelmässig zerstreut, häufig in Gruppen (Mutterzellen) vereinigt stehen; dicht am Knochen sind sie länglich-ellipsoidisch, senkrecht auf dessen Oberfläche gestellt und einer microscopischen Schicht des Knochens benachbart, die aus verkalktem Knorpelgewebe mit verkalkten Knorpelkapseln und geschrumpften eckigen Chondroblasten besteht. An der freien Oberfläche sind die Knorpelkörperchen abgeplattet (von der Fläche gesehen elliptisch) und derselben parallel. Diese Knorpelkörperchen bilden die äusserste Begrenzung, doch kommt in manchen Gelenken in der Nachbarschaft der Gelenkkapsel ein sich allmälig verlierendes Perichondrium vor und bestimmte Gelenkknorpel (Rippenknorpelgelenke, Sterno-clavicular-Gelenk, Acromio-clavicular-Gelenk, Gelenkflächen des Capitulum ulnae) sind von Faserknorpel; andere von straffem Bindegewebe (Kiefergelenk, vorderer und hinterer Rand der Trochlea des Humerus im Ellenbogengelenk, Cavitas glenoidea radii) überkleidet. Auf

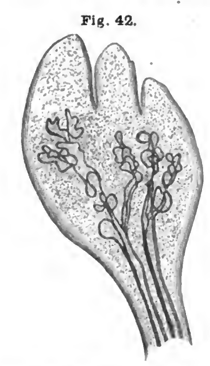
der dem Knöchelgelenk angehörenden Oberfläche der Incisura fibularis tibiae findet sich nur Periost; die Fibula ist an der betreffenden Stelle mit Fettgewebe bedeckt. Die Gelenkknorpel besitzen weder Gefässe noch Nerven. — Die faserknorpligen *Labra cartilaginea* enthalten Knorpelkörperchen, die häufig reihenweise geordnet sind, zwischen sich kreuzenden Bindegewebsbündeln. Gefässe und Nerven sind nicht bekannt. — *Fibrocartilagines interarticulares* finden sich als gelblich-weisse planconcave oder concav-concave Scheiben zwischen den Knochenenden eingeschaltet, sie ganz oder theilweise trennend und im letzteren Fall mit zugeschärftem Rande aufhörend. Zu der ersteren Gruppe gehören die Zwischenscheiben des Sternoclavicular- und Acromio-claviculargelenks; zu der letzteren Gruppe diejenigen des Kniegelenks, dessen Fibrocartilagines aus horizontalen, dem convexen Rande parallelen Bindegewebsbündeln, die durch schmalere, theils radiäre, theils senkrechte bindegewebige Scheidewände getrennt sind, und näher den freien Oberflächen auch aus einzeln zerstreuten Knorpelkörperchen bestehen. Senkrecht auf die Verbindungslinie der aneinander stossenden Rippenknorpel und Gelenkknorpel des Sternum verlaufen faserknorplige Bänder, welche in den Gelenken zwischen letzteren und der zweiten bis fünften Rippe vorhanden sind. Entlang den Bindegewebsbündeln der Fibrocartilagines interarticulares liegen elastische Fasern und Knorpelkörperchen, die in den oberflächlichen Schichten zerstreut, im Innern dieser Fibrocartilagines in langen Reihen zwischen parallelen Bindegewebsbündeln eingeschaltet sind. — Den *Bandscheiben* fehlen die Knorpelkörperchen; sonst verhalten sie sich wie die Fibrocartilagines interarticulares. Vollständige Scheidewände bilden sie im Kiefergelenk, unvollständige im Hammer-Ambosgelenk, sowie zwischen dem Capitulum ulnae und den Oss. lunat. und triquetrum. — Die Ligg. capsularia fibrosa bestehen aus Bindegewebe in der Anordnung, wie es die Sehnen zeigen, das untrennbar sich dem Periost und Perichondrium der Knochenenden anlegt und schliesslich in letzteres übergeht. In den Amphiarthrosen (Bd. II) und am medialen und lateralen Rande der Patella heftet sich die fibröse Gelenkkapsel direct an den Rand der Knorpelüberzüge.

Die Synovialmembranen, *Membranae synoviales,* sind an ihrer Aussenseite fest mit den fibrösen Gelenkkapseln verbunden und an kleineren Gelenken nicht von denselben zu trennen. Sie zeichnen sich durch ihre glatte Innenseite aus, welche wesentlich von einer dünnen, aus parallelen Bündeln bestehenden Bindegewebsschicht mit feinen elastischen Fasern gebildet wird; weiter auswärts folgt mehr lockeres Bindegewebe mit sich durchkreuzenden Bündeln, zahlreicheren, die Bündel umspinnenden und Scheiden (S. 51) bildenden, elastischen Fasern, sowie sparsamen Fettzellen; zuweilen auch Knorpelkörperchen. Diese Lage enthält stärkere Blutgefässe, deren Capillaren sich als engmaschige dichte Netze in der inneren Bindegewebsschicht verbreiten; ferner Nerven (S. 79).

Die Synovialmembranen bilden öfters freie, in das Gelenk hervorragende Falten, *Plicae synoviales,* welche theils aus blutgefässreichen röthlichen Fettzellen-Anhäufungen bestehen und *Plicae adiposae* s. Glandulae Haversianae genannt werden; theils als Gefässfortsätze, *Plicae vasculosae* s. synoviales, lange, gefranzte, hahnenkammförmige oder mehrfach verästelte und mit kleinen Anschwellungen versehene Synovialfalten in fast allen Gelenken vorhanden sind. Oft mit blossem Auge sichtbar, sind sie in anderen Fällen nur microscopisch und verleihen den betreffenden Stellen der Synovialmembran sammtartigen Glanz und Weichheit. Sie sitzen vorzugsweise am Rande der Gelenkknorpel, hängen mit der Synovialis zusammen, bestehen aus feinen, grösstentheils der

Oberfläche parallelen Bindegewebszügen mit eingestreuten Knorpelkörperchen, sind sehr gefässreich, in ihrem Stiel mit kleinen Arterien, Venen und auch Gefässnerven ausgestattet, während an ihrer Oberfläche sich ein Capillarnetz mit schlingenförmigen Endmaschen verbreitet. Auf ihrem freien Rande ragen microscopische *Synovialzotten*, Gelenkzotten, hervor. Dies sind gestielte, kolbig endigende, meist abgeplattete Fortsätze (Fig. 42), die in noch mannigfaltigerer Weise die Formen der Plicae vasculosae wiederholen und dasselbe Bindegewebe jedoch in längslaufenden Bündeln nebst Knorpelkörperchen zeigen. Häufig senden sie lange, nur aus einem dünnen Bindegewebsbündel bestehende fadenförmige Ausläufer aus, an deren freiem Rande sich microscopische, durch Gallertgewebe (S. 48) gebildete Anschwellungen befinden. Aehnliches Gewebe umgibt mantelförmig einen axialen Bindegewebsstrang in etwas grösseren Synovialzotten. Andere Hervorragungen bestehen wesentlich aus Fettgewebe (das von Endothel bedeckt wird).

Fig. 42.



Synovialzotte mit injicirten Blutgefässen. V. 30.

Das *Endothel der Synovialmembranen* bekleidet in einfacher Schicht deren erwähnte (S. 77) glatte Innenfläche. Die Endothelzellen sind rundlich-polygonal, abgeplattet, enthalten jede einen grossen ovalen Kern mit Kernkörperchen. Dicht unter dem Endothel liegt eine an Saftkanälchen (S. Lymphgefässe) reiche, sehr dünne Schicht, welche durch Silber-Behandlung darzustellen ist. Die Endothelzellen setzen sich in einfacher oder auch doppelter Lage über die Synovialzotten fort; sie fehlen aber an allen Stellen, wo stärkere Bänder die Gelenkhöhlen umgrenzen helfen oder in dieselben hineinragen. Da auf solchen auch keine lockerer angeheftete Membran mit dem Messer darstellbar ist, so kann man sagen, dass die Synovialmembran daselbst ganz fehlt, durchbrochen ist und jene Bänder in den Gelenkhöhlen unbedeckt sind. Dasselbe gilt von einzelnen der Fibrocartilagines interarticulares, wo solche stärkerem Druck ausgesetzt sind. Diejenigen Ligamente dagegen, welche die Gelenkhöhlen durchziehen, wie die Ligg. alaria genu, Lig. teres oss. femoris etc., haben einen vollständigen Synovialüberzug.

Die Stellen, wo sich die Synovialmembranen an die Knochen heften, werden Ansatzzonen genannt. Solche sind speciell an den Stellen ausgebildet, welche bei Bewegungen keinen Druck von Knorpel, resp. Knochen auszuhalten haben, sondern nur mit Weichtheilen in Berührung kommen. Am Knorpelrande derselben erscheinen die Chondroblasten vielstrahlig, mit vielen kurzen Ausläufern versehen; dann folgt eine gefässlose Abtheilung der bindegewebigen Membran, welche auf der freien Bindegewebsfläche vereinzelte, unregelmässige, mit Ausläufern versehene Endothelzellen, die in Silberbildern als helle Lücken erscheinen (keratoides Gewebe), trägt; darauf eine solche, in welcher ausser oft zahlreichen Fettzellen Blutgefässe verlaufen und die mit kleinen unregelmässigen, aber dichtgedrängten Endothelzellen bedeckt ist (epithelioides Gewebe). Diese Abtheilung geht dann in die eigentliche Synovialmembran über, welche Endothel, Saftkanälchen, Blutgefässe besitzt, und in welcher auch sparsame *Lymphgefässe* durch Silber erkannt werden können, während an der Aussenfläche der Synovialis Netze von stärkeren Lymphgefässen gefunden werden. —

Eine ähnliche Zone zeigt der Ansatz des Lig. teres am Oberschenkelbeinkopf; namentlich auch die untere Spitze der Patella.

Die Blutgefässe bilden enge polygonale Capillarnetze; sie reichen in die grösseren Synovialzotten hinein, in welchen sie mit Schlingenmaschennetzen aufhören (Fig. 42). Am Knorpelrande endigen sie schlingenförmig.

Die Nerven der Gelenke sind zahlreich: in die äussere Schicht der Synovialmembranen (S. 77) treten Stämmchen doppeltcontourirter mit blassen untermischter Fasern. Die doppeltcontourirten sind sensibler Natur und hören im lockeren Binde- und Fettgewebe an der Aussenseite der Synovialmembranen mit Vater'schen Körperchen auf oder endigen in den Membranen selbst (S. Nervenendigungen). Ausserdem handelt es sich um Gefässnerven mit blassen kernhaltigen Fasern, welche die Blutgefässstämme begleiten und mit denselben auch in die Axe oder den Stiel grösserer Synovialzotten eintreten. (Ueber die macroscopischen Verhältnisse der Gelenknerven s. Bd. II; über das Vorkommen der Vater'schen Körperchen und die Endigungen an vielen Gelenken Bd. I, Nervensystem.)

Die *Synovia*, Gelenkflüssigkeit, Gelenkschmiere, ist tropfbar flüssig, aber sehr klebrig, alkalisch, enthält ca. 6 % feste Bestandtheile, wovon die Hälfte Eiweiss, auch Fetttröpfchen.

Schweigger-Seidel (1866) und Tillmanns (1874) halten die keratoiden Zeichnungen für Niederschläge in der Synovia. Geschichtetes Endothel auf Synovialmembranen dürfte pathologisch sein; ebenso endothelfreie aus Knorpelfasern (S. 56) bestehende sog. falsche Zotten, sowie abgestossene Endothelien und Leukoblasten in der Synovia. Luschka (1855) hielt die letztgenannten Zotten für Reste aus der Entwicklungsgeschichte.

Muskelsystem.

Alle Fasern, die sich unter Nerven-Einfluss zusammenzuziehen vermögen, werden Muskelfasern genannt. Man unterscheidet quergestreifte und glatte Muskelfasern, welchen letzteren deutlichere Querstreifen fehlen, die den ersteren zukommen. Die Anordnung zu besonderen soliden oder hohlen Organen, den *Muskeln, Musculi,* die physicalischen und chemischen Eigenschaften bieten bei beiden Arten viel Gemeinsames. Während indess die glatten Muskelfasern vorzugsweise den Eingeweiden angehören, kommen quergestreifte Fasern nicht nur in letzteren Organen, sondern in bedeutendster Anzahl und Grösse an die Knochen angeheftet vor, indem sie zur Bewegung des Skelets dienen. Die Muskeln desselben und der Haut werden daher in der Myologie sammt ihren Hülfsorganen, mit denen sie in Verbindung stehen: den Fascien, Sehnen etc., speciell beschrieben; der Bau der Muskeln ist aber im Allgemeinen nur insofern verschieden, als sie entweder aus dem einen oder dem anderen Muskelgewebe bestehen, und hiernach werden sie schlichtweg als quergestreifte, resp. glatte Muskeln unterschieden.

Die Muskeln sind häufigen Varietäten der Anzahl und Form unterworfen. In weiblichen Körpern haben sie überhaupt geringeren Umfang und Stärke.

Muskeln mit quergestreiften Fasern.*

Die Muskeln mit quergestreiften Fasern haben eine eigenthümliche, rothe, blasse oder dunklere Farbe; sie sind feucht und weich, leicht in Abtheilungen zu sondern und zerreisslich. Ihre Elasticität ist sehr vollkommen, aber gering: der Elasticitäts-Coëfficient beträgt 0,2734; das spec. Gewicht der Muskelsubstanz 1,0382 — 1,0555, im Mittel 1,0414: die geringeren Gewichtszahlen sind vom Fett- und Wassergehalt abhängig.

Die Farbe der quergestreiften Muskeln rührt theils von ihrem Blutgehalt her, theils ist sie der Muskelfaser selbst eigenthümlich. Der Farbstoff ist jedoch mit dem des Blutes (Hämoglobin) identisch. Manche Muskeln von Thieren sind fast farblos (Schenkelmuskeln von Insecten, Fisch- und Amphibienmuskeln), andere sind gelblich (Thoraxmuskeln von Insecten, die meisten Muskeln des Kaninchens und einiger anderer Nager), noch andere röthlich, wie die meisten Muskeln des Menschen. Es steigt die Anhäufung des Farbstoffs mit dem stärkeren Gebrauch der verschiedenen Muskeln; auffallend ist z. B. die intensive Farbe des M. semitendinosus beim Kaninchen. An welchen Bestandtheil der Muskelfaser die Farbe gebunden, ist unbekannt: die scheinbar röthliche Färbung der isotropen Substanz lebender Muskelfasern (Kühne, 1868) ist eine Interferenz-Erscheinung.

Die quergestreiften Muskelfasern, Fibrae musculares, Muskel-Primitivfasern, Primitivbündel, quergestreifte Muskelspindeln, Myoblasten, sind von im Ganzen cylindrischer, eigentlich spindelförmiger Gestalt, mit meistens zugespitzten Enden. Ihre Dicke nimmt von den letzteren nach der Mitte ihrer Länge sehr allmälig zu. Sie ordnen sich zu Bündeln, welche aus wesentlich einander parallel verlaufenden Fasern bestehen. Diese *primären Muskelbündel* enthalten eine kleine Anzahl von Fasern und werden von Bindegewebe, welches Gefässe und Nerven des Muskels führt, eingescheidet. Eine Anzahl primärer treten zu *secundären Bündeln* zusammen, diese wieder zu *tertiären Bündeln.*

* Ueber die Regeneration der quergestreiften Muskeln nach Typhus, Substanzdefecten u. s. w. siehe, Budge, Virch. Arch. Bd. 17, 1859, p. 196. Zeitschr. f. rat. med. Bd. 11, 3te Reihe, p. 305, Weismann, Zeitschr. f. rat. med. 3te Reihe Bd. 10, p. 263 u. Bd. 23. Peremeschko, Virch. Arch. Bd. 27, 1863, p. 116. Colberg, Deutsche Klinik, 1864, No. 19. Deiters, Reichert u. Du Bois-Reymonds Arch. 1861. C. O. Weber, Virch. Arch. Bd. XII, p. 115. Zenker, Ueber d. Veränd. d. willkürl. Musk. im Typhus abdom. Leipzig. 1864. Waldeyer, Virch. Arch. Bd. 34, 1865, p. 473.

Die Muskelfasern selbst ertheilen z. B. dem M. biceps brachii das feinfasrige Ansehen; durch fortgesetztes Kochen, wie es z. B. die Bereitung von Rindfleisch-Suppe erfordert, zerfällt der Muskel in secundäre Bündel, weil das Bindegewebe in Leim verwandelt wird; die Zwischenräume der tertiären Bündel enthalten meist viel Fettgewebe, wie es beim Präpariren z. B. des M. gluteus maximus mit dem Messer entfernt wird, so dass dann seine tertiären Bündeln als Centimeter-dicke Stränge sichtbar hervortreten.

Sowohl die secundären als die tertiären Bündel besitzen besondere bindegewebige Umhüllungen, welche mehr oder weniger Fettgewebe enthalten; auch der ganze Muskel wird von einer festeren bindegewebigen Scheide umgeben, die als besondere Muskelfascie auftreten kann. Das erstgenannte heisst das *interstitielle Bindegewebe* des Muskels, Perimysium internum; das letztgenannte ist das *Perimysium externum,* Perimysium schlichtweg. Stellenweise ist das interstitielle Bindegewebe nicht selten zu festeren sehnigen Strängen verdichtet.

In kurzen Muskeln (z. B. M. subcruralis) ist die Länge der Fasern so gross wie die des ganzen Muskels: sie reichen von einem Ansatzpunkte bis zum entgegengesetzten. In allen übrigen Muskeln ist die Faserlänge geringer als die des Muskels selbst und überschreitet niemals einige Cm. Meist beträgt sie 1—4, im Mittel 2—3,5 Cm. Es hören also die Muskelfasern mitten im Muskel mit zugespitzten Enden auf. Sie setzen sich an das interstitielle Bindegewebe meistens etwas schräg zur Längsrichtung von dessen Fasern, und die Verhältnisse sind genau dieselben, wie beim Ursprunge und Ansatz der ganzen Muskeln, resp. deren Uebergange in die Sehnen (S. 82).

Die Enden der Muskelfasern sind nicht immer spindelförmig zugespitzt, sondern öfters abgestumpft, kolbig abgerundet, fingerförmig getheilt, ja sogar baumförmig verästelt (Fig. 106); doch handelt es sich dabei um dichotomische Theilungen, die sich wiederholen können.

Die Nachweisung, dass auch in den längsten Muskeln die Länge der einzelnen Fasern ca. 4 Cm. nicht überschreitet, ist beim Menschen am M. sartorius (W. Krause, 1863) und allen Muskeln der oberen Extremität (Nicol, 1866) geführt. Auch für die Wirbelthiere gilt ganz allgemein der Satz; in kurzen Muskeln und bei kleinen Thieren auch in den längsten Muskeln sind alle Muskelfasern oder doch die meisten so lang wie die Muskeln selbst. In den langen Muskeln bei grösseren Thieren aber überschreiten sie niemals die oben angegebene Länge von etwa 4 Cm. Die erstere Behauptung ist speciell nachgewiesen für Gesichts- und Halsmuskeln kleinerer Säugethiere (Kölliker, 1850), M. retractor bulbi der Katze und des Kaninchens (W. Krause, 1863), Intercostalmuskeln des Kaninchens (W. Krause), Gliedermuskeln der Fledermaus (Kölliker, 1859), für den Frosch (Kleinere Muskeln, Kölliker; Brusthautmuskel, Reichert, 1851; M. sartorius, Aeby, 1862; Muskeln des Frosches überhaupt, Weismann, 1860, Kölliker, 1863), Rumpfmuskeln der Fische (Kölliker, 1860). Bei den Wirbellosen, die quergestreifte Muskelfasern besitzen, sind letztere stets so lang wie die ganzen Muskeln, was sich aus der geringen Körpergrösse der betreffenden Arten erklärt.

Obgleich Haller (1757) bereits wusste, dass einzelne Muskelfasern mit spitzen Enden mitten im Muskel aufhören, und E. H. Weber dem zweiten obigen Satze Aehnliches behauptet hatte, wurde doch lange Zeit allgemein vorausgesetzt, die Fasern wären so lang wie die Muskeln selbst. Dabei würden die des M. sartorius beispielsweise Dräthen von 15 Meter Länge auf 1 Millim. Dicke ihrer Form nach entsprochen haben. Erst durch die Anwendung einer successiven Behandlung mit concentrirter Salpetersäure (einige Stunden lang) und dann mit Glycerin (W. Krause, 1863) gelang es, die Unhaltbarkeit jener Voraussetzung für den M. sartorius des Menschen, den M. tensor fasciae cruris der Katze und überhaupt für alle grösseren Wirbelthiermuskeln darzuthun. Es ist dabei zu bemerken, dass in Muskeln, in welche ihre Sehne hineinragt, die Muskelfasern sich schräg an dieselbe ansetzen. So wird trotz der unüberschrittenen Faserlänge von 4 Cm. eine einzige Muskelfaser-Schicht ausreichend, um einen längeren Muskel zusammenzusetzen. Seine Ableitung findet dieses Gesetz in dem Umstande, dass die Muskelfasern der Wirbelthiere als spindelförmig ausgewachsene embryonale Zellen betrachtet werden müssen, wobei jede Zelle zu einer Muskelfaser wird. Das absolute Wachsthum der Elementarorganismen (Zellen) unterliegt aber — schon wegen ihrer gegenseitigen Concurrenz um die Existenz — gesetzmässigen Beschränkungen (S. 16). Endlich ist hervorzuheben, dass die beschriebene relative Kürze der einzelnen Muskelfasern nicht geeignet erscheint, die mechanische Leistungsfähigkeit des Muskels im physiologischen Zustande herabzusetzen. Mag das Muskelfaserende an einem Sehnenansatze gelegen sein, oder im Innern des Muskels selbst, stets ist eine Verbindung mit dem benachbarten Bindegewebe vorhanden, welche eben so gut im Stande ist, mechanischen Zug fortzupflanzen, ob die Bindegewebsfasern nun einer darstellbaren Sehne angehören, oder dem interstitiellen Bindegewebe der Muskelbündel. Im Gegentheil dürfte die mechanische Leistung bei der vorhandenen Anordnung sich vortheilhafter gestalten, als wenn die Muskelfasern von einem Muskelende bis zum anderen reichten, wie aus der Betrachtung des obigen Vergleichs mit einem dünnen Drathe einleuchtet.

Einige Organe besitzen auch Muskelfasern, an denen seitliche Aeste im Verlauf der Fasern vorkommen und mit Ausläufern benachbarter Fasern anastomosiren. Letzteres Verhältniss — sonst nur vom Herzmuskel (Fig. 176) bekannt — soll auch in Augenmuskeln bei Säugethieren vorkommen (Tergast, 1872). Besonders häufig sind die baumförmig verzweigten und hier gegen die Oberfläche ziemlich senkrecht aufstrebenden Ausläufer der Muskelfaserenden in der Zunge (Fig. 106) bei Säugern wie beim Frosch; sowie an den quergestreiften Hautmuskeln der Säugethiere, welche das Aufrichten und Sträuben der Stacheln und Haare bewirken. Man findet sie auch in den Augenmuskeln (W. Krause, M. retractor bulbi der Katze, 1863) und in der Lippe bei der Ratte (Huxley, 1854).

Sarcolem. In der Längsansicht wie auf dem Querschnitt erscheint die Muskelfaser stets von einer scharfen Contour umgeben, welche bei sehr starken Vergrösserungen und Anwendung geeigneter Reagentien doppelte Contouren darbietet. Dies ist der Ausdruck einer Membran, *Sarcolem*, Myolem, Muskel-

faserscheide, an der bisher keine weitere Structur nachgewiesen worden ist und die als continuirliche Hülle die ganze Muskelfaser allseitig nach aussen abschliesst. Sie umgibt ebenfalls geschlossen die Enden der Muskelfasern, mögen sie eine Form haben, welche sie wollen, und an die Aussenfläche des Sarcolems sind daselbst stets Bindegewebsfasern (der Sehnen, Fascien, des interstitiellen Bindegewebes) angeheftet, von welchen das einfache oder getheilte Ende, wie durch die Finger einer Hand, allseitig umfasst wird. Das feste Aneinanderheften von Sehnen- und Muskelfasern beruht auf dem Vorhandensein einer schwerlöslichen Kittsubstanz.* Da sich durch 35% ige Kali- oder Natronlauge, ferner durch mässig concentrirte Chlorwasserstoffsäure, auch durch Salpetersäure mit chlorsaurem Kali (oder beim Frosch durch concentrirte Oxalsäure-Lösung), die Muskelfasern, wie durch Salpetersäure und Glycerin (S. 81) — wenn auch nicht ihrer ganzen Länge nach — isoliren lassen, so sind diese Mittel mehr oder weniger geeignet darzuthun, dass an den Stellen, wo sich Muskelfasern in schräger Richtung an Sehnen, interstitielle Bindegewebszüge, Inscriptiones tendineae (Bd. II), Knochen und Knorpel, resp. Periost und Perichondrium anheften, das Sarcolem ebenfalls geschlossen ist. Die Form der Muskelfaser-Enden zeigt sich an solchen Stellen abgeschrägt prismatisch, wie es ihrer Bedeutung als länglich-spindelförmiger Zellen entspricht. Je nach der Lage erscheint das Ende wie ein gothischer Spitzbogen, kegelförmig, oder zugespitzt, oder breit in eine durchsichtigere, in Wahrheit keilförmige Platte auslaufend.

An seiner Innenfläche trägt diese Membran stets Kerne, die *Sarcolemkerne,*† welche abgeplattet cylindrisch, an den Enden abgerundet oder etwas zugespitzt und mit ihrer Längsaxe der Längsrichtung der Muskelfasern genau parallel gestellt sind. Im lebenden Zustande (Fig. 269) erscheinen sie als helle klare Bläschen, umgeben von einer Kern-Membran, die als doppelte Contour sich zeigt, und enthalten ein, zwei oder mehrere Kernkörperchen von stärkerem Lichtbrechungsvermögen.

Gegen Säuren wie Alkalien, überhaupt gegen die meisten Reagentien ist das Sarcolem resistent und bietet ein dem elastischen Gewebe analoges chemisches Verhalten. Die Sarcolemkerne werden in Alkalien sehr blass; Säuren widerstehen sie, wenn diese nicht zu concentrirt einwirken, während ihr Inhalt durch einen feinkörnigen Niederschlag sich trübt.

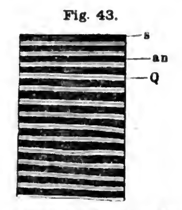
Das Sarcolem gilt als Zell-Membran oder als Ausscheidungs- resp. Umwandlungsproduct des peripherischen Theiles der embryonalen spindelförmigen Muskelfaserzelle. Die Muskelfaser mag noch so lang sein: sie ist nichts weiter als eine einzige verlängerte Zelle‡ deren Kern sich vielfach wiederholt getheilt hat. Ausser den Sarcolemkernen sind in den Brustmuskeln von Vögeln, allen Muskelfasern von Reptilien, Amphibien und Fischen stets *Muskelkerne* (Muskelkörperchen nach Welcker, 1860) vorhanden, die in jeder Beziehung mit den Sarcolemkernen übereinstimmen, aber im Innern der Substanz der Muskelfasern gelegen sind. An ihren Enden finden sich in der Längsrichtung der Faser nicht selten einige feine Körnchen, welche mit dem Kern zusammen den Anschein einer protoplasmatischen, spindelförmigen Zelle hervorrufen. Sie gehören der interstitiellen Flüssigkeit (S. 88) an und sind Reste des ursprünglich granulirten, nicht quergestreiften Zellenkörpers, von dem sich bei Insectenmuskeln auch dicht unterhalb des Sarcolems ansehnlichere Massen finden, die Stücken eines Cylindermantels entsprechen. Alle Säugethier- und die meisten übrigen Muskeln der Vögel haben nur Sarcolemkerne. Die Grösse der letzteren ist bei demselben Thier ziemlich constant; bei höheren Wirbelthieren sind sie kleiner als bei niederen, was auch im Allgemeinen für die Dicke der Muskelfasern selbst gilt. An den quergestreiften Muskelfasern von Wirbellosen sind gleichfalls Sarcolem- und Muskelkerne vorhanden; erstere bei Insecten häufig von etwas feinkörniger Substanz umgeben, letztere mehr kuglig, eckig und der Länge nach entweder als continuirliche axiale Kernreihe oder als solche und ausserdem zu mehreren Hohlcylindern angeordnet, welche die Insectenmuskelfaser ihrer Länge nach durchziehen.

Längsansicht der Muskelfasern. Die quergestreiften Muskelfasern zeigen bei 3—400maliger Vergrösserung in der Längsansicht, wenn der Focus scharf auf die Ränder der Faser eingestellt ist, alternirend hellere und dunklere Querstreifen, die eine constante Dicke von 0,0011 resp. 0,0015 im lebenden Ruhezustande besitzen. Sie werden *helle* und *dunkle Querbänder* genannt. Jedes helle Querband wird durch eine in der Querrichtung der Muskelfaser verlaufende, sehr feine, nur 0,0003 dicke *Querlinie* in zwei gleiche Hälften getheilt.

* Waldeyer spricht für die Continuität des Sarcolemmas mit den Sehnenfasern und gegen das Vorhandensein eines eigenthümlichen Gewebekittes – Virch. Arch. Bd. 34. S. 507 ff, 1865.
† Diese Kerne gehören dem Sarcolemma nicht, sondern der Muskelsubstanz – (Waldeyer. [illegible]).
‡ Dagegen [illegible] Waldeyer, Deiters, [illegible]

Um sie zu sehen, genügt eine 450malige Vergrösserung, besser treten sie bei 600—1000facher Vergrösserung guter Immersionssysteme (Fig. 43) hervor.

Fig. 43.

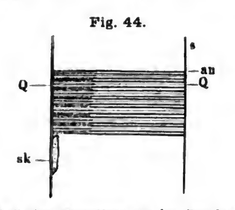


Theil einer Muskelfaser aus dem M. extensor pedis eines wegen einer Quetschung eben amputirten Fusses. Ohne Zusatz. V. 650. *s* Sarcolem, *an* dunkles Querband, *Q* Querlinie. Die dunkeln Querbänder sind einfach dunkel gehalten.

Unter dem Polarisations-Microscop zeigt sich, dass die Substanzen der dunkeln Querbänder und die der Querlinien doppeltbrechend sind, während diejenige der hellen Querbänder einfachbrechend ist. Die erstgenannte wird daher als *anisotrope Substanz* schlichtweg, die letztgenannte als *isotrope Substanz* bezeichnet. Sowohl die anisotrope Substanz, als die der Querlinien verhalten sich, als wenn sie aus sehr kleinen festen, doppeltbrechenden Körpern von constanter Grösse und Form: Disdiaklasten, beständen, die einaxigen, positiv doppeltbrechenden Krystallen gleichwerthig sind, deren Axe der Faserrichtung parallel liegt. Dem entsprechend erscheinen die anisotrope Substanz und die Querlinie im dunkeln Gesichtsfelde bei gekreuzten Nicols hell, die isotrope dunkel. Die erstere zeigt deutliche blaue oder gelbe Färbung, wenn das Gesichtsfeld und die isotrope Substanz durch ein als Unterlage zu benutzendes Glimmerplättchen von geeigneter Dicke purpurn geworden ist. Nach Behandlung namentlich von Insectenmuskelfasern mit Alkohol und Dammarfirniss treten die Polarisations-Erscheinungen am deutlichsten hervor; nach vorheriger Anwendung von 3%iger Essigsäure erscheinen nur die Querlinien als sehr feine helle Querstreifen, während die Doppeltbrechung der anisotropen Substanz aufhört.

Die *dunkeln Querbänder* sind anisotrop, zugleich von matterem Aussehen und stärker lichtbrechend. Letztere Eigenschaft erkennt man an einer hellen Linie, welche in der Querrichtung der Muskelfaser jedes dunkle Querband der Länge nach halbirend in der Mitte des letzteren verläuft. Die Erscheinung zeigt sich namentlich deutlich, wenn der Dickendurchmesser der Muskelfaser beträchtlich ist, daher besonders bei niederen Wirbelthieren (Fig. 44). Es ist ein optischer Effect, wie derselbe an allen durchsichtigen Körpern von relativ hohem Brechungsindex unter dem Microscop auftritt, und ganz analog dem hellen Centrum z. B. eines Fetttropfens.

Fig. 44.



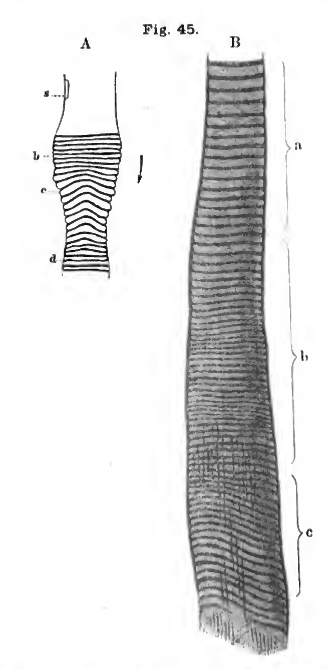
Theil einer Muskelfaser aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Linkerhand Einwirkung von 3%iger Essigsäure, rechterhand ist die Muskelfaser noch unverändert. V. 600. *s* Sarcolem, *sk* Sarcolemkern, *Q* Querlinie durch Essigsäure hervortretend, *an* dunkles Querband; jedes derselben zeigt dunkle Contouren und eine helle Linie zwischen denselben bei richtiger Focus-Einstellung.

Die *hellen Querbänder* dagegen sind isotrop, schwächer lichtbrechend, fast ganz durchsichtig, etwas schmaler als die dunkeln (s. 82).

Die *Querlinien* sind anisotrop, dunkel, ein wenig rauh.

Obgleich die Substanzen der Querlinien und der dunkeln Querbänder beide anisotrop sind und sich folglich in festem Aggregatzustande befinden, so wird doch diejenige der letzteren schlichtweg als anisotrope Substanz (Hauptsubstanz) im Gegensatz zur isotropen Substanz (Zwischensubstanz) der hellen Querbänder, die eine flüssige Beschaffenheit hat, bezeichnet. Die Querlinien erscheinen in jeder Längsansicht der Muskelfasern (nicht aber auf deren

Fig. 45.



A Muskelfaser in dem M. retractor bulbi des Schafes, im Stadium der ganz erlöschenden Erregbarkeit; frisch ohne Zusatz. Eine Contractionswelle verläuft in der Richtung des Pfeiles. V. 450. *s* Sarcolemkern. *b* Contrahirte Stelle; die Muskelfaser ist dicker als zuvor, die dunkeln Querbänder sind eng zusammengerückt. *c* Beginnende Contraction, die Querstreifung wird durch Querrunzeln des Sarcolems bedingt, letzteres zeigt im Profil Einkerbungen. Die Scheiben der contractilen Substanz sind sämmtlich nach der contrahirten Stelle hin convex gebogen. *d* Nicht contrahirte Stelle, an welcher die dunkeln Querbänder im Holzschnitt nicht characteristisch ausgefallen sind. *B* Muskelfaser von Carabus nemoralis. Alkohol, Hämatoxylin, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 800. *a* Nicht contrahirte Stelle. Anisotrope Substanz schwarz, isotrope sehr dick in der Längsrichtung der Faser. *b* Uebergangsstadium, die Faser nimmt im Breitendurchmesser zu, beide Substanzen sind etwas verwischt. *c* Contrahirte Stelle, Breitendurchmesser bedeutend vermehrt, anisotrope Substanz so dick wie in *a*, während die helle isotrope Substanz an Dicke bedeutend abgenommen hat; Convexität der ersteren nach der contrahirten Stelle hin gerichtet.

Querschnitt) und sind in Wahrheit der optische Ausdruck feiner *Quermembranen,* deren Rand continuirlich in das Sarcolem übergeht. Ebenso sind die dunkeln und hellen Querbänder optischer Ausdruck von je einer, resp. je zwei kreisförmigen *dunklen* resp. *hellen Querscheiben*, die nach Art einer Thalerrolle oder einer galvanischen Säule, nämlich alternirend, übereinander geschichtet sind. Alle drei Substanzen (dunkle Querbänder, helle Querbänder, Querlinien) zusammen werden als *contractile Substanz* oder contractiler Sarcolem-Inhalt bezeichnet, weil die Muskelfaser sich physiologisch zu contrahiren vermag. Die dunkeln Querbänder nennt man auch wohl eigentliche contractile Substanz, im engeren Sinne. Der Sarcolem-Inhalt bräunt sich in seiner Totalität durch Silber-Lösung und wird von Goldchlorid dunkel gefärbt; chemisch verhält sich derselbe wie Eiweisskörper (S. 85). Die Contraction kann das Auftreten einer besonderen Art von Querstreifung bedingen, deren Sitz ausschliesslich das Sarcolem ist. Besonders deutlich wird sie, wenn die Verkürzungsgrösse der lebenden Muskelfaser, die sie im Körper hat, durch künstliche Reizung unter dem Microscop überschritten wird. Wenn in absterbenden Muskelfasern die Contractionswelle in der Längsrichtung verläuft, so gehen die Aenderungen öfters so allmälig vor sich, dass man sie bequem studiren kann. Das Sarcolem zeigt dann Einkerbungen im Profil, Querrunzeln auf der Fläche. Die Einkerbungen sind stets in der Mitte der hellen Querbänder gelegen, nicht an den Stellen, wo die dunkeln Querbänder das Sarcolem berühren. Von diesen Punkten, also von den Ansatzstellen der Querlinien, gehen die fraglichen Querstreifen aus. An

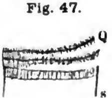
derjenigen Parthie der Muskelfaser, wo die Contraction eben beginnt, werden öfters gebogene Querstreifen beobachtet (Fig. 45 *A*). Dies beruht darauf, dass die nahe der Axe der Muskelfaser gelegene Substanz früher sich contrahirt, als die Rindensubstanz. Mit hinreichend starken, mindestens 600fachen Vergrösserungen erkennt man, dass die gebogenen Querstreifen nicht den dunkeln Querbändern entsprechen, wie es bei schwächerer Vergrösserung den Anschein hat, sondern durch *Querrunzeln* bedingt werden, die von den Ansatzstellen der Querlinien an das Sarcolem ausgehen. Dies beweist ein festes Verwachsensein der Peripherien der Quermembranen mit dem Sarcolem. Ganz anders nehmen sich gebogene Scheiben anisotroper Substanz (Fig. 45 *B*) aus; über das Verhalten der letzteren s. unten (S. 92).

Chemisches Verhalten. Dunkle und helle Querscheiben sowie die Quermembranen verhalten sich verschieden gegen Reagentien. Concentrirtere Essigsäure, Chlorwasserstoffsäure etc., nicht minder concentrirtere Alkalien zerstören jede Querstreifung unwiederbringlich. Durch concentrirte Salpetersäure werden die dunkeln Querscheiben gleichsam coagulirt, gelb gefärbt, die hellen und die Quermembranen aufgelöst: die contractile Substanz zerfällt in isolirte *Disks, Disci*, welche ausschliesslich dunkle Querscheiben sind. Umgekehrt machen 3 — 10%ige Essigsäure resp. Natronlauge, auch verdünnte Chlorwasserstoffsäure etc. die dunkeln Querscheiben quellen und zerstören ihre doppeltbrechenden Eigenschaften: helle und dunkle Querscheiben lösen sich zu einer homogenen Flüssigkeit auf, wobei das Sarcolemrohr, welches von festen Bestandtheilen dann nur noch die Quermembranen enthält, zusammenzusinken und sich abzuplatten pflegt. Die Quermembranen aber erhalten sich, sind noch anisotrop und die Querstreifen (Fig. 46), die nach Einwirkung der genannten Reagentien sichtbar bleiben, haben mithin eine von denjenigen der frisch untersuchten Muskelfaser ganz verschiedene Bedeutung. Dasselbe gilt natürlich von Muskelfasern, die längere Zeit,

Fig. 46.

Muskelfaser von Fig. 44 nach Einwirkung von 3%iger Essigsäure. Die dunkeln Querbänder sind verschwunden; die Querlinien *Q* und eine zarte Längsstreifung nebst Fettkörnchen allein übrig geblieben. *s* Sarcolem. V. 650.

Fig. 47.



Muskelfaser aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 14tägiger Maceration in 3%iger Essigsäure. Zerfall in Scheiben, die aus den Membranen bestehen, deren optischen Ausdruck die Querlinien bilden. An denselben haften feinere dunkle in der Längsrichtung der Muskelfaser verlaufende Membranen. V. 600. *s* Sarcolem. *Q* Querlinie.

z. B. 24 Stunden und länger mit den genannten Reagentien behandelt worden. Nach Maceration in den genannten, sehr verdünnten Säuren zerfallen die Muskelfasern ebenfalls in Disks (Fig. 47), die aber von den durch Salpetersäure darstellbaren durchaus verschieden sind: sie bestehen nicht aus der Substanz der dunkeln Querscheiben, sondern sind wesentlich die Quermembranen. — Die Vermuthung, die Querlinien der lebenden Muskelfaser seien vielleicht eine Interferenz-Erscheinung, wird nach dem Mitgetheilten hinfällig. Denn wenn dunkle und helle Querscheiben homogen geworden sind, können sie den supponirten Einfluss auf den Gang der Lichtstrahlen nicht mehr ausüben. — Da sich die Querlinien und die dunkeln Querbänder gegen verdünnte Säuren und Alkalien verschieden verhalten, so können ferner beide nicht aus derselben Substanz bestehen. Wenn man es einmal weiss, dass Querlinien und dunkle Querbänder ganz differente Dinge sind, so kann man es auf der reinen Längsansicht bei jeder wirklich genau horizontal liegenden Muskelfaser mit dem ersten Blick erkennen, ob ihre Querstreifung an irgend einer Stelle von Querlinien oder dunkeln Querbändern herrührt. Denn die Querlinien sind ausserordentlich dünn, wenn sie auch noch so deutlich erscheinen; die dunkeln Querbänder haben einen bequem messbaren Dicken-Durchmesser. Die Querrunzeln des Sarcolems aber verrathen sich durch Einkerbungen, die sie in der Profilansicht an den Seitenwänden der Muskelfaser bedingen.

Mit Rücksicht auf den bald contrahirten, bald erschlafften oder gedehnten Zustand der unter den angegebenen verschiedenen Verhältnissen geprüften Muskelfasern sind die mannigfachen Erscheinungsweisen der Querstreifung jetzt verständlich. Bald eng, zart und dicht, bald weit von einander abstehend und breit, bald sehr deutlich, bald kaum zu erkennen, an derselben Muskelfaser in rascher Aufeinanderfolge wechselnd — so wird diese characteristische Zeichnung geschildert und abgebildet, wobei in den früheren Beschreibungen Querlinien, dunkle Querbänder und Querrunzeln des Sarcolems unentwirrbar mit einander confundirt wurden. Lebende Muskelfasern, die etwa eine Stunde unter dem Microscop mit Eiweisslösung, verdünnter Kochsalz-Lösung etc. behandelt wurden, verlieren ihre Querstreifung durch Aufhebung der Brechungsunterschiede zwischen den verschiedenen Substanzen. Die Querlinien sind aber durch verdünnte Säuren wiederherzustellen. Mechanische Misshandlung dagegen zerstört alle Arten von Querstreifen solcher Fasern unwiederruflich. Bei successiver Behandlung mit wässrigem Alkohol, Hämatoxylin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam färbt sich die anisotrope Substanz allein blau, während die Querlinien erkennbar bleiben.

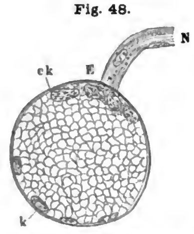
Bei Säugethieren und Vögeln verhalten sich die geschilderten Erscheinungen wie beim Menschen. Die niederen Wirbelthiere mit ihrem blasseren Muskelfleisch besitzen dieselben Querlinien der Fasern. Dieselben sind aber an vielen Muskelfasern nicht so leicht sichtbar. Dies hat einfach darin seinen Grund, dass diese Fasern weit dicker sind. Sobald nun eine solche mit ihrer Längsaxe nicht genau senkrecht auf die optische Axe des Microscops orientirt ist, so decken die oberen oder unteren Ränder der Scheiben von anisotroper Substanz die zarten Querlinien, und letztere sind deshalb schwieriger wahrzunehmen. Benutzt man jedoch die dünneren Muskelfasern, welche z. B. in den Augenmuskeln des Frosches häufig sind und, wie es scheint, in keinem anderen Muskel dieses Thieres ganz fehlen, so ist es nicht schwieriger, als bei den Säugern, an der ganz frischen Muskelfaser die Querlinien zu sehen. Dagegen ist die Beobachtung der Einwirkung von 3 %iger Essigsäure oder gewöhnlichem Essig auf die Froschmuskelfaser unter dem Microscop wo möglich noch characteristischer, als bei den Säugern und Vögeln. Denn die dunkeln Querbänder sind relativ dunkler, wegen der grösseren Dicke der ganzen Faser. Sobald sie nun durch die Säure erblassen, wird das allmälige Hervortreten der Querlinien um so auffälliger. Dazu kommt, dass man an derselben Muskelfaser der Quere nach an der einen Seite Querbänder, an der anderen, an welcher die Einwirkung der Essigsäure eben beginnt, die Querlinien sehen kann, welches Stadium wegen der geringeren Dicke der Säugethier-Muskelfasern bei den letzteren nicht so leicht zu beobachten ist. Natürlicherweise treffen die unter diesen Umständen eben deutlicher werdenden Querlinien stets zwischen die eben verschwindenden oder erblassenden dunkeln Querbänder (Fig. 44). Das vom Frosch Bemerkte gilt ebensowohl für die Muskeln der Reptilien und Fische. Bei allen diesen Thieren zerstört 0,1 %ige Chlorwasserstoffsäure durch endosmotische Quellung der contractilen Substanz die Querstreifung: der gesammte Inhalt des Sarcolems fliesst aus Rissstellen des letzteren oder an den Enden durchschnittener Fasern aus. — Nach Injection von Alizarinnatrium in die Bauchhöhle lebender Froschlarven etc. färben sich die Muskeln gelb, Bindegewebe und Sehnen roth (Lieberkühn, 1874): erstere reagiren mithin sauer, letztere alkalisch.

Todtenstarre Muskelfasern sind von lebenden bis jetzt nicht microscopisch zu unterscheiden. Einige Zeit nach dem Tode aber wird die Querstreifung undeutlicher: statt derselben tritt eine Längsstreifung des Sarcolem-Inhalts auf. Dieselbe ist sehr zart, und zwischen den Längslinien liegen zahlreiche *interstitielle Körnchen,* in Längsreihen geordnet, jedoch grösstentheils innerhalb der hellen Querbänder. Diese Körnchen sind meistens Fettkörnchen: sie erhalten sich in Reagentien, welche den Bau der contractilen Substanz ganz zerstören, unverändert; sie widerstehen Säuren und Alkalien; schwärzen sich wenigstens zum Theil mit Goldchlorid. Einwirkung von Wasser macht die erwähnten Längslinien auch an der lebenden Faser sofort hervortreten: der Sarcolem-Inhalt zerfällt in lauter feine Längsfäden (sog. Fibrillen), die noch besser durch Alkohol, 0,2—2 %ige Chromsäure, Sublimat etc. zur Anschauung gebracht und durch Zerfasern isolirt werden. Durch alle diese Einwirkungen gerinnt die coagulationsfähige isotrope Substanz.

Auf dem Querschnitt sind die Muskelfasern an getrockneten oder gefärbten Präparaten in der Regel an einander abgeplattet, scheinbar prismatisch. Der Querschnitt der lebenden, von ihrem gegenseitigen Druck befreiten Fasern ist aber stets rundlich, annähernd kreisförmig. Der Sarcolem-Inhalt bietet ein aus feinen dunkeln Linien bestehendes polygonales Netzwerk (Fig. 48). Die Linien erhalten sich nach Essigsäure-Zusatz. Setzt man zu dem ohne Zusatz untersuchten Muskelquerschnitt destillirtes Wasser oder Brunnenwasser oder 0,5 %ige Kochsalzlösung, so ändert sich das Bild. Die von den dunkeln Linien umschlossenen polygonalen Räume, die *Kölliker'schen Felder*, werden undurchsichtiger, und bekommen ein mattes Aussehen, während ihr Durchmesser sich scheinbar ein wenig vermindert hat. An Stelle der feinen dunkeln Linien dagegen sind ebenfalls netzförmig angeordnete,

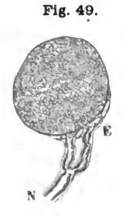
aber breitere und **hellere** (Fig. 49), resp. ganz durchsichtig gewordene Zwischenräume aufgetreten. Auf der Längsansicht derselben Muskelfasern ist unter diesen Umständen eine feine Längsstreifung wahrzunehmen. Durch Carminlösung oder salpetersaures Silberoxyd in verdünnter wässriger Lösung

Fig. 48.



Querschnitt einer frischen Muskelfaser aus den im Oberschenkel gelegenen Muskeln von Hydrophilus piceus. Aus dunkeln Linien bestehendes Netzwerk, wie es Wirbelthiermuskeln in etwas zarteren Bildern ebenfalls enthalten. V. 800. *N* Nervenfaser. *E* motorische Endplatte. *ek* Kern derselben. *k* Kern des Sarcolems.

Fig. 49.



Querschnitt einer Muskelfaser aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Frisch mit Wasser. V. 1000. Man sieht dunkle polygonale Felder, die von hellen netzförmigen Zwischenräumen eingefasst werden. *E* Motorische Endplatte im Querschnitt. *N* Nervenfaser.

werden die matteren Felder röthlich, resp. bräunlich gefärbt. Es folgt daraus, dass die matteren Räume oder die *Cohnheim'schen Felder* aus Abtheilungen der anisotropen Substanz bestehen. Die breiter gewordenen durchsichtigen Zwischenräume verdanken dem eingedrungenen Wasser oder sonstigen Zusatzflüssigkeiten etc. ihre Entstehung, wodurch dieselben ausgefüllt werden, während sich die anisotrope Substanz trübt. Das ganze Bild ist somit ein Kunstproduct.

Das Mosaik von dunkeln Linien (Fig. 48), welches in ohne Zusatz untersuchten Querschnitten auftritt, entspricht dagegen dem natürlichen Zustand der quergestreiften Muskelfasern. Die beschriebenen, in ihrer Bedeutung ganz verschiedenen Mosaikbilder von **dunkeln** Linien einerseits und **hellen** netzförmigen Zwischenräumen andererseits müssen scharf auseinander gehalten werden. Die dunkeln Linien sind als Ausdruck sehr feiner structurloser Membranen zu betrachten, welche sich chemisch ebenso verhalten, wie diejenigen, deren optischer Ausdruck die Querlinien der Muskelfasern bilden. Durch Wasserzusatz weichen diese Membranen auseinander und legen sich unmittelbar an die von ihnen umschlossenen Theilchen der anisotropen Substanz.

Die beschriebenen Verhältnisse kehren bei allen Wirbelthieren wieder. Nichts ändert sich, als die absolute Grösse der meist unregelmässig 4—5—6seitigen Felder. Bei Amphibien und Fischen sind dieselben am grössten, bei den Säugethieren am kleinsten. Bei niederen Wirbelthieren kommen Muskelkerne in den Zwischenräumen vor, und die sich in dem betreffenden Kern vereinigenden Linien bilden manchmal eine sternförmige Figur. In allen Wirbelthierclassen findet man bei schlecht ernährten Muskelfasern mehr oder weniger zahlreiche dunkelrandige Fettkörnchen in den Zwischenräumen. Sind dieselben sehr zahlreich, so können die polygonalen Felder ganz in den Hintergrund treten oder übersehen werden.

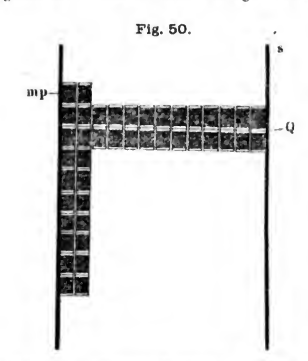
Aufbau der Muskelfaser. Aus den mitgetheilten und sonstigen Thatsachen ergibt sich folgender Bau der quergestreiften Muskelfasern. Jede derselben besteht abgesehen vom Sarcolem aus einer sehr grossen Anzahl von **Muskelkästchen**. Jedes Muskelkästchen enthält ein Muskelprisma, aus der anisotropen Substanz bestehend, welches das Muskelkästchen fast ganz ausfüllt. Die Form der *Muskelprismen, sarcous elements*, primitiven Fleischtheilchen, ist die einer mehrkantigen, oben und unten quer abgeschnittenen Säule, deren Querdurchmesser wechselt, während die Höhe der Muskelprismen wie der Muskelkästchen in der ganzen Wirbelthierreihe beinahe constant ist; die dünnsten Muskelprismen finden sich bei den Säugern. Beide Grundflächen des Muskelprisma's werden von einer

Ranvier, De quelques faits relatifs à l'histologie et à la physiologie des muscles striés, Arch. de Phys. Sér. 2, T. 1, p. 5, 1874. beschreibt zwei Arten von Muskeln, die histologisch und physiologisch verschieden sind, "muscles rouges" und "muscles pâles".
Cohnheim, Virch. Arch. Bd. 34, p. 606. 1865.

dünnen Flüssigkeitsschicht überzogen, als deren Ausdruck in der Längsansicht der Muskelfaser für jede Querschicht von Muskelprismen jedesmal die Hälfte eines hellen Querbandes erscheint. Die Flüssigkeit soll zum Unterschiede von der später zu erwähnenden interstitiellen Flüssigkeit als *Muskelkästchenflüssigkeit* oder isotrope Substanz bezeichuet werden. Umschlossen wird das Muskelprisma an seinen Seitenflächen von der dichtanliegenden *Seitenmembran des Muskelkästchens.* Diese Membranen erscheinen auf dem Querschnitt der lebenden Muskelfaser als das oben beschriebene Netzwerk von hellen Linien. Die Seitenmembranen der Muskelkästchen endigen in der Längsrichtung der Muskelfaser, indem sie mit den anstossenden beiden Grundmembranen von Muskelkästchen verschmelzen. Während aber jedem Muskelkästchen eine eigene dessen Seiten rings umschliessende Seitenmembran zukommt, ist die *Grundmembran,* welche der Basis des Muskelprisma's entsprechend eine polygonale Form besitzt, stets je zwei benachbarten Muskelkästchen gemeinsam. Man kann das auch so ausdrücken, dass man sagt: das Muskelkästchen hat nur Eine Grundmembran; an der entgegengesetzten Seite ist es offen, und wird von der Grundmembran des nächstfolgenden Muskelkästchens verschlossen. Hiernach besteht also jedes Muskelkästchen aus einer Grundmembran, einer Seitenmembran, zwei dünnen Schichten der Muskelkästchenflüssigkeit und dem zwischen beiden letzteren gelegenen Muskelprisma.

Weder Fibrillen noch sarcous elements, sondern vielmehr die Muskelkästchen sind die primitiven Elementartheile, aus denen die ganze Muskelfaser in gleich zu erörternder Weise aufgebaut wird (Fig. 50). Das Princip von Aneinanderreihung dieser einfachen Elemente der Quere und Länge nach genügt, um die mannigfaltig complicirten Erscheinungsweisen der Muskelfasern mit Leichtigkeit aufzuklären. Die Muskelkästchen sind nämlich in der Querrichtung der Muskelfaser zu regelmässigen Scheiben angeordnet, welche *Muskelfächer* heissen. Jedes Muskelfach besteht aus einer *Quermembran*, die im Profil als Querlinie erscheint. Dann folgt in der Längsansicht der Muskelfaser die eine Hälfte eines hellen Querbandes, dann ein dunkles Querband, dann die Hälfte des nächstfolgenden hellen Querbandes, dann wieder eine Querlinie oder Quermembran, mit der ein neues Muskelfach beginnt u. s. f. Die Peripherie jedes Muskelfaches wird natürlich von einer entsprechend breiten Abtheilung des Sarcolems gebildet.

Fig. 50.



Schema der quergestreiften Muskelfaser, sehr stark vergrössert. Nur zwei Muskelfächer und zwei Muskelkästchenreihen sind dargestellt. *s* Sarcolem. *Q* Querlinie oder Quermembran eines Muskelfaches. *mp* Muskelprisma, deren jedes in seinem Muskelkästchen steckt. Die Muskelprismen oder die anisotrope Substanz sind dunkel gehalten, die Muskelkästchenflüssigkeit oder isotrope Substanz dagegen hell. Die interstitielle Flüssigkeit findet sich zwischen den Seitenmembranen der Muskelkästchen und ist ebenfalls durch helle Spalten angedeutet. Die relativ sehr bedeutende Erstreckung der anisotropen Substanz in der Längsrichtung der Muskelfaser entspricht dem Verhalten bei Wirbellosen; bei den Wirbelthieren ist sie geringer.

Wie oben bemerkt, ist die Seitenmembran eines jeden Muskelkästchens vollkommen in sich abgeschlossen. Dem entsprechend besteht auch die Quermembran eines jeden Muskelfaches aus einer grossen Anzahl von polygonalen Grundmembranen der Muskelkästchen einer Querreihe, die nach Art eines Mosaikfussbodens sich an einander schliessen. Da die trennenden Quermembranen der Muskelfächer nur einfach vorhanden sind, so ist der Ausdruck „Muskelfach" bezeichnend, analog den Fächern eines Bücherschrankes.

Am besten kann man vielleicht die Muskelfächer den Waben eines Bienenstockes vergleichen, die Wachszellen den Muskelkästchen, wenn die Längsaxe der Wachszellen als parallel der Längsrichtung der Muskelfaser gedacht wird, die anisotrope Substanz dem Honig, den man sich aber in festem Zustande und nach den Grundflächen der prismatischen Wachszelle hin mit einer Flüssigkeitsschicht überzogen vorstellen müsste.

Zwischen den Ecken der Grundmembranen der Muskelkästchen, sowie zwischen den Seitenmembranen von je zwei benachbarten Muskelkästchen finden sich *interstitielle Flüssigkeit* und Fetttröpfchen, wenn solche vorhanden siud. Die letzteren zeigen sich auf der Längsansicht verhältnissmässig häufig iu die Querlinien selbst eingelagert. Die Kerne, welche im Inneren der Muskelfasern bei niederen Wirbelthieren (S. 82) vorkommen, werden von den elastisch ausgespannten Membranen getragen. Die in der Querrichtung der Muskel-

faser an einander stossenden Grundmembranen der Muskelkästchen sind jedenfalls mit einander verklebt, ungefähr nach Art des Kittes, der einen Mosaikfussboden zusammenhält. Denn die bei der Contraction entstehenden Einkerbungen des Sarcolems (S. 84) in der Profilansicht beweisen, dass durch die zusammenhängenden Grundmembranen jeder aus Muskelkästchen bestehenden Scheibe ein Zug an dem Sarcolem ausgeübt werden kann. Die sämmtlichen Grundmembranen einer solchen Scheibe von Muskelkästchen können deshalb, da sie mechanisch wie eine einzige Membran wirksam werden, als Grundmembran des betreffenden Muskelfaches oder als Quermembran bezeichnet werden. Durch eindringendes Wasser etc. (S. 86), aber auch spontan durch Vermehrung der interstitiellen Flüssigkeit kann der Zusammenhalt gelöst werden und dann entstehen, wie unten noch erörtert wird, Längsreihen von Muskelkästchen (sog. Fibrillen).

Was nun die Seitenmembranen der Muskelkästchen anlangt, so bedingen sie auf der Längsansicht eine zarte Längsstreifung (Fig. 46) der Muskelfasern, auf dem Querschnitt das beschriebene Mosaik (Fig. 48) von dunkeln Linien. An Macerationspräparaten in 3%iger Essigsäure hängen sie continuirlich mit den Quermembranen, deren membranöse Beschaffenheit nachgewiesen wurde, zusammen. Ferner kann die Existenz der Seitenmembranen der Muskelkästchen als Membranen aus folgendem Schluss abgeleitet werden. Es würde unerklärlich bleiben, weshalb die flüssige isotrope Substanz mit der ebenfalls wässrigen interstitiellen Flüssigkeit sich nicht mischt, wenn man das Vorhandensein von trennenden Scheidewänden nicht zugestehen resp. beide Flüssigkeiten für identisch ansehen wollte. Dass aber eine solche Vermischung von zwei Lösungen eiweissartiger Körper auch unter sonst günstigen Umständen nicht stattfindet, zeigt das Verhalten bei Wasserzusatz.

Nach dem oben Gesagten sieht man nämlich auf dem Querschnitt der frischen oder mit Essigsäure behandelten Muskelfaser ein *Mosaik von Muskelkästchen* (Fig. 48), oder die Kölliker'schen Felder. Der mit Wasser etc. behandelte Querschnitt zeigt dagegen ein *Mosaik von Muskelprismen* (Fig. 49), oder Cohnheim'sche Felder, die durch interstitielle Flüssigkeit getrennt werden. Die Längsansicht der mit Wasser behandelten Muskelfasern ergibt bekanntlich eine Längsstreifung. Dieselbe kommt wiederum durch Eindringen des Wassers zwischen die Seitenmembranen benachbarter Muskelkästchen zu Stande. Wie man an durchschnittenen Enden der Muskelfasern mit Leichtigkeit erkennt, zerfällt auf diese Art der Sarcoleminhalt in Fäden, die am besten als *Längsreihen von Muskelkästchen* oder schlichtweg als *Kästchenreihen* bezeichnet werden können. Früher hat man dieselben Fibrillen genannt, neuerdings Muskelsäulchen. Sie sind als Kunstproducte aufzufassen, insofern in der lebenden Muskelfaser die Anordnung der Muskelkästchen zu Muskelfächern, nicht zu Längsreihen von Muskelkästchen die maassgebende ist. Bei den Wirbelthieren überhaupt hängen die Seitenmembranen derjenigen Muskelkästchen, welche direct an das Sarcolem anstossen, nicht mit dem letzteren continuirlich zusammen. Vielmehr zerfällt der gesammte Sarcoleminhalt unter den begünstigenden Einflüssen in Längsreihen von Muskelkästchen, von denen die am meisten peripherisch gelegenen unmittelbar an die Innenwand des Sarcolems anstossen.

Fig. 51.

d
Q

Muskelstäbchenreihe aus einem in 0,2%iger Chromsäure gehärteten zerfaserten Muskel des Menschen. V. 1000. *d* Muskelstäbchen. *Q* Bruchstück der Grundmembran eines zugehörigen Muskelkästchens, welches durch die geronnene helle Muskelkästchenflüssigkeit oder isotrope Substanz mit den beiden anstossenden Muskelstäbchen verkittet ist.

Die Muskelprismen selbst sind nicht homogen, sondern müssen als ein Bündel von sehr feinen Stäben betrachtet werden. Dieselben werden *Muskelstäbchen*, *muscle-rods*, genannt, und bestehen entweder aus einer Gruppe noch kleinerer doppeltbrechender Körper, den oben (S. 83) erwähnten Disdiaklasten, oder sie sind selbst Disdiaklasten, was noch nicht hat entschieden werden können.

Während die Kästchenreihen, in welche der contractile Sarcoleminhalt durch Wasserzusatz etc. zerfällt, eine constante Dicke haben, erhält man viel feinere Fäden, wenn man einen Längsschnitt mit verdünnter Chromsäure behandelter Muskelsubstanz zerfasert. Die Dicke derselben 0,0005—0,0008 Mm. ist so gering (Fig. 51), dass gar nicht daran zu denken ist, dieselben auf geschrumpfte Muskelkästchenreihen zurückzuführen. Offenbar muss diese Spaltbarkeit nach der Längsrichtung der Muskelfaser in einem präexistenten Structurverhältniss begründet sein. Die feinsten der fraglichen Fäden werden durch je eine Längsreihe von Muskelstäbchen gebildet, welche letzteren bündelweise die Muskelprismen zusammensetzen. Die Basis von je zwei in der Längsrichtung der Muskelfaser aneinanderstossenden Stäbchen aber wird durch coagulirte isotrope Substanz mit einander verklebt. In der Mitte der Distanz von je zwei Muskelstäbchen sieht man in der hellen, von einem entsprechend grossen Bruchstück der isotropen Substanz gebildeten Brücke jedesmal einen

dunkeln, etwas in die Breite gezogenen Punkt (Fig. 51 Q). Derselbe entspricht einem Stückchen der betreffenden Muskelkästchen-Grundmembran. Breitere Fäden kommen dadurch zu Stande, dass sich mehrere Muskelstäbchen-Reihen unter einander verkittet erhalten.

Der Muskelfaser-Querschnitt zeigt nun je nach der Darstellungsmethode entweder nur Fetttröpfchen, oder die Seitenmembranen der Muskelkästchen (Fig. 48) oder Muskelprismen (Fig. 49), die man früher für Fibrillendurchschnitte zu erklären pflegte, oder endlich Querschnitte der Muskelstäbchen.

Dass der Zerfall in Scheiben seltener und nur unter besonderen Umständen vorkommt, erklärt sich jetzt sehr einfach aus dem Umstande, dass die Seitenmembran eines jeden Muskelkästchens eine besondere ist; die Grundmembran aber je zwei einander in der Längsrichtung der Muskelfaser benachbarten Muskelkästchen gemeinsam angehört. Dass die Grundmembran eines jeden Muskelkästchens von den benachbarten in demselben Muskelfache getrennt ist, und nicht etwa eine Verschmelzung derselben unter einander stattfindet, geht trotz der bei normalen Muskelfasern gleichartigen Beschaffenheit der Querlinien in deren ganzer Ausdehnung aus folgendem Umstande hervor. Sowohl die Grundmembranen als die Muskelprismen benachbarter Kästchenreihen vermögen sich an einander nach der Längsrichtung der Muskelfaser zu verschieben, wenn ein Zerfall in Längsreihen von Muskelkästchen einmal eingetreten ist.

Nach dem Vorstehenden sind unter den Fibrillen der Autoren wesentlich unter einander verschiedene Dinge begriffen worden. Nämlich Längsreihen von Muskelkästchen, Längsreihen von Muskelstäbchen und Bündel, die aus mehreren unter einander verkitteten Längsreihen von Muskelstäbchen bestehen. Die Darstellung aller dieser Fäden beruht theils auf Lösung des die Grundmembranen der Muskelkästchen eines Muskelfaches zu einer scheinbar continuirlichen Quermembran verbindenden Kittes, theils und hauptsächlich auf Coagulation der isotropen Substanz.

Auf eine Gerinnung der Muskelkästchenflüssigkeit durch Einwirkung von Wasser als solchem scheint sowohl das Auftreten von Muskelkästchenreihen in frischer Muskelfaser nach Wasser-Zusatz, als der spontane Zerfall der reichlich mit Wasser (interstitieller Flüssigkeit) durchtränkten Muskelfasern von Petromyzon fluviatilis zurückgeführt werden zu können. Dasselbe gilt, wie gleich hier bemerkt werden mag, in Betreff des analogen Verhaltens der Muskeln von Astacus fluviatilis, sowie der Thoraxmuskeln von Insecten.

Rothe und blasse quergestreifte Muskeln. Beim Kaninchen zeichnet sich eine Anzahl von Muskeln durch ihre röthliche Farbe, festere Beschaffenheit und grössere Elasticität gegenüber dem anderen weisslichen blassen und weichen Muskelfleisch dieses Thieres aus (W. Krause, 1868). Am auffallendsten (S. 80) ist die Differenz zwischen den Mm. semitendinosus und adductor magnus; andere längliche Muskeln: soleus, Muskeln des Vorderarms gehören zur ersteren Gruppe und ebenso die fast fortwährend thätigen Kaumuskeln. Wahrscheinlich hängt die Differenz mit der häufigeren oder länger dauernden Contraction zusammen. Sie zeigt sich bei Hausthieren (Meerschweinchen, Huhn, Puter), bei denen bestimmte Muskeln seit vielen Generationen unthätig geworden sind (W. Krause und E. Meyer, 1875; nicht aber beim Hasen und der Taube). Bei den erstgenannten Vögeln sind die Flugmuskeln von weisserer Farbe, und ähnliche Differenzen kommen bei Knorpelfischen vor. Microscopisch erweist sich die Farbe zunächst von einer verschieden intensiven Durchtränkung mit Muskelfarbstoff abhängig (so auch bei Insecten, S. 80), aber es finden sich noch andere Unterschiede. Der M. semitendinosus hat im Vergleich zum Adductor magnus dickere, dicht an einander gedrängte, eher prismatische als cylindrische Muskelfasern. Deren Sarcolemkerne sind zahlreicher, springen weiter in's Innere vor; die Muskelkästchen sind weniger dick, daher auf dem Querdurchschnitt relativ zahlreicher vorhanden; die interstitiellen Körnchen vermehrt, und deshalb tritt auf der Längsansicht des frischen Muskels die Längsstreifung deutlicher hervor; die Muskelkästchen sind zugleich niedriger, die Querlinien schwerer zu erkennen. Das interstitielle Bindegewebe ist, entsprechend der dichteren Aneinanderdrängung der Muskelfasern, weniger entwickelt. Die Blutcapillaren bilden wegen der grösseren Dicke der Muskelfasern weniger stark in die Länge gezogene Maschen. Nahe jenseits der Theilungsstellen, namentlich an den venösen Capillaren, zeigen sich nicht selten kleine spindelförmige oder Ampullen-ähnliche Erweiterungen. Zu diesen anatomischen Unterschieden kommen physiologische: die rothen Muskeln contrahiren sich bei directer und bei Reizung ihrer Nerven langsamer, bleiben aber länger dauernd verkürzt. Auf die erwähnten und ähnliche Differenzen hat Ranvier (1873) aufmerksam gemacht; vermuthlich sind auch chemische vorhanden (W. Krause, 1868).

Wirbellose. Im Gegensatz zu den quergestreiften Muskelfasern der Wirbelthiere gehen die analogen Elementartheile der Insecten, wie seit Weismann (1862) feststeht, aus mehreren Zellen hervor, nicht aus einer einzigen.

Fig. 52.

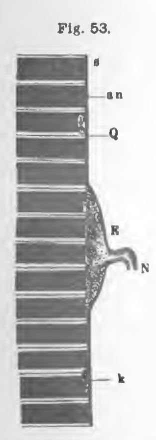
Drei Muskelkästchen einer isolirten Kästchenreihe aus den Scheerenmuskeln des Flusskrebses. Frisch ohne weiteren Zusatz isolirt. V. 600. *an* Muskelprisma aus anisotroper Substanz bestehend. *Q* Querlinie oder Grundmembran eines Muskelkästchens. Die Muskelkästchenflüssigkeit oder isotrope Substanz ist hell.

Dasselbe ist für einige andere Wirbellose, z. B. den Krebs, wahrscheinlich. Die Muskelfasern der Scheeren vom Astacus fluviatilis zeigen die Muskelkästchen in relativ colossaler Entwicklung (Fig. 52). Der Sarcolem-Inhalt zerfällt sehr leicht spontan in Muskelkästchenreihen, und diese wiederum in feinere Fäden und Stäbchenreihen. Die Schwanzmuskeln zeigen kleinere Muskelkästchen, die sich in allen Beziehungen ebenso verhalten, wie die grösseren der Scheerenmuskeln, welche ebensowohl durch Länge wie durch Dicke ausgezeichnet sind.

Bei den Insecten (Hydrophilus piceus, Dyticus marginalis, Melolontha vulgaris, Musca domestica, Musca vomitoria, Locusta viridissima, Forficula auricularia etc.) besteht der wesentliche Unterschied von den Wirbelthieren darin, dass die Längen-Dimension (Höhe) der Muskelkästchen besonders ausgebildet ist. Auch die Dicke ist bedeutender, aber doch nicht in demselben Verhältniss überwiegend. Aus diesem Grunde sind alle wesentlichen Verhältnisse im Bau der Muskelfasern nächst dem Flusskrebs nirgends leichter und bequemer zu sehen, als bei den Insecten. Am meisten empfehlen sich die den Oberschenkel bewegenden Muskeln grösserer Insecten, die als Schenkelmuskeln schlechthin bezeichnet werden, oder die abgeplatteten Muskelfasern des Enddarms von Käfern (Engelmann, 1872). Man erhält mit Zusatz von Eiweiss prachtvolle Bilder der dunkeln und hellen Querbänder, so wie der Querlinien (Fig. 53) schon bei verhältnissmässig schwachen Vergrösserungen (450—600). Setzt man zu der anfangs ohne Zusatz untersuchten Muskelsubstanz unter dem Microscop 3% ige Essigsäure, so ist das Erblassen der dunkeln Querbänder und das Hervortreten der Querlinien im hohen Grade characteristisch. Auch die Querrunzeln des Sarcolems sind unter diesen Umständen ausnehmend deutlich und leicht als solche vermöge der entsprechenden Einkerbungen (Fig. 54) in der Profilansicht zu erkennen.

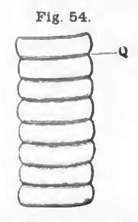
Die Querlinien sind ein wenig dicker, als bei den Wirbelthieren, und unter schwächeren Vergrösserungen fällt öfters ihre getüpfelte Beschaffenheit auf. Namentlich nach Wasserzusatz erscheinen sie manchmal auch unter stärkeren Vergrösserungen wie aus einer Reihe von einzelnen Pünktchen bestehend (Fig. 55). Indessen lehrt ein genaues Studium mit den besten Linsen, dass dieses Aussehen nur vom Ansatz der Seitenmembranen der Muskelkästchen an deren Grundmembranen herrührt. Jene Ansatzstelle erscheint als Punkt, resp. die ganze Querlinie rauh, je nach der Stärke der angewendeten Vergrösserungen. Die zu 0,0005 anzugebende Dicke der Querlinien bezieht sich nicht auf die Membran selbst, sondern ist incl. der erwähnten Rauhigkeiten verstanden.

Fig. 53.



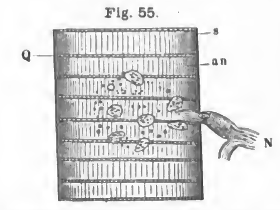
Muskelfaser aus den Schenkelmuskeln von Hydrophilus piceus. Nur ein Theil der Breite des Cylinders ist angegeben. Frisch ohne Zusatz. V. 1000. *s* Sarcolem. *an* dunkles Querband, im Holzschnitt etwas zu dunkel ausgefallen. *Q* Querlinie. *k* Kern unterhalb des Sarcolems. *E* Motorische Endplatte. *N* Nervenfaser.

Fig. 54.



Muskelfaser aus den Schenkelmuskeln der Stubenfliege. Frisch mit 5 %iger Lösung von molybdänsaurem Ammoniak. V. 450. *Q* Querrunzeln des Sarcolems. Die Muskelprismen und die Muskelkästchenflüssigkeit sind an der contrahirten, in hoher Focusstellung gezeichneten Muskelfaser nicht zu unterscheiden.

Fig. 55.



Muskelfaser aus den Schenkelmuskeln von Musca vomitoria. Frisch mit Wasser. V. 1000. *s* Sarcolem. *an* dunkle Querbänder längsgestreift durch die Seitenmembranen der Muskelkästchen. *Q* Querlinie scheinbar punktirt. *N* Nervenfaser, die in einer motorischen Endplatte aufhört, welche letztere in Flächenansicht erscheint.

Die *Thoraxmuskeln der Insecten* haben die Eigenschaft, ausserordentlich leicht in Muskelkästchenreihen zu zerfallen. Ihren Muskelfasern fehlt das Sarcolem nicht, aber ohne Anwendung von Reagentien sind sie nicht mit unverletzter Hülle zur Anschauung zu bringen. Wahrscheinlich wird die Neigung zum Zerfall in Kästchenreihen durch Reichthum an interstitieller Flüssigkeit und leichtere Gerinnbarkeit der Muskelkästchenflüssigkeit bedingt. Beides ist wohl Resultat der angestrengten Thätigkeit dieser Muskeln, die sich ebenfalls durch reichliche Anhäufung eines gelben Farbstoffs auszeichnen. Letzterer wird wahrscheinlich als Zersetzungsproduct aufzufassen sein, da arbeitende Muskeln (S. 90) überhaupt intensiver gefärbt sind, als die mehr ruhenden. Die Querlinien treten in den Kästchenreihen, z. B. bei Pontia crataegi, sehr gut hervor. Nach Ranvier (1870) färben sie sich bei Hydrophilus mit Pikrinsäure gelb.

Bei Wirbellosen, sowie namentlich an Insectenmuskelfasern kommen nach Behandlung mit Reagentien noch einige *besondere Erscheinungen* vor. Der mittlere Theil jedes dunkeln Querbandes unterscheidet sich unter Umständen von den an die hellen Querbänder anstossenden Parthien durch dunkleres Aussehen. Man hat daraus auf die Existenz einer sog. Mittelscheibe im Innern der anisotropen Querscheibe geschlossen. Andererseits ist die doppelte Contour, welche die Querlinien darbieten können (Fig. 55), als Ausdruck einer Zusammensetzung jeder Quermembran aus zwei Häutchen angesehen worden. Die Ansätze der Seiten- an die Grund-Membranen der Muskelkästchen, ferner Fetttröpfchen der interstitiellen Flüssigkeit, die besonders in den Querlinien (S. 88) oder in deren nächster Nachbarschaft sich finden, wahrscheinlich auch die Enden der Muskelstäbchen an etwas schräg liegenden oder windschief gebogenen Scheiben anisotroper Substanz sind als Ausdruck besonderer sog. Nebenscheiben angesehen, welche zu je zwei die einfache oder doppelte Quermembran bedecken sollen. Oder es sollen je zwei der Körnchen, aus denen die beiden in demselben Muskelfach enthaltenen Nebenscheiben bestehen, mit den Enden eines Muskelprisma verbunden sein (muscle-rod). Auch werden von Manchen, ohne Rücksicht auf die Muskelfasern von Petromyzon, Astacus und die Thoraxmuskeln der Insecten, die Seitenmembranen der Muskelkästchen geleugnet: man hielt den Sarcolem-Inhalt für eine Flüssigkeit, in welcher die Muskelprismen ihre An-

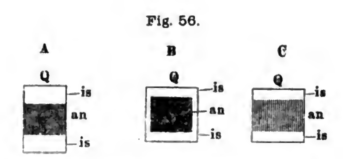
ordnung beliebig verschieben können. Nach dem Vorgange von Hensen, der (1868) die isotrope Substanz von Insectenmuskeln durch eine Mittelscheibe getheilt abbildete und die letztere auch bei den Wirbelthieren in den dunkeln Querbändern wahrzunehmen glaubte, ist öfters die helle Linie der anisotropen Substanz (Fig. 44 *an*) bei zu hoher Focalstellung als dunkel wahrgenommen worden. Endlich sind die Querrunzeln des Sarcolems sich contrahirender Fasern verkannt und haben zur Annahme einer sog. Umkehrung zwischen anisotroper und isotroper Substanz, sei es in Bezug auf einen Wechsel ihres Orts im Muskelfach, sei es in ihrem optischen Verhalten Veranlassung gegeben. Alle diese aus mehr oder weniger umfassenden Untersuchungen abgeleiteten Aufstellungen können hier nicht speciell erörtert werden.

Was die **Contraction der Muskelfaser** anlangt, so ist zu bemerken, dass innerhalb physiologisch vorkommender Contractionswerthe sich die Dicke der anisotropen Querscheiben nicht messbar (Fig. 45 *B*) ändert: die Länge der Muskelstäbchen bleibt also constant; während die Dicke der isotropen Querscheiben abnimmt. Dies bedeutet, dass Muskelkästchenflüssigkeit zwischen die Muskelstäbchen eindringt (Fig. 56). Letztere sind starre, in ihrer Form unter physiologischen Umständen unveränderliche Körper und zu Scheiben mit electromotorisch wirksamen Endflächen angeordnet, welche Scheiben sich deshalb bei der Contraction gegenseitig anzuziehen vermögen: die Muskelprismen sind Bündeln zeitweilig magnetisirter Eisenstäbe vergleichbar. Die optischen Eigenthümlichkeiten des Uebergangsstadiums (Fig. 45 *Bb*) erklären sich einfach aus windschiefen Biegungen der anisotropen Scheiben.

Im Ruhe-, im Contractions-Zustande und in allen Zwischenzuständen gibt der Froschmuskel durch Interferenz farbige Microspectren, wie es die rechtwinklig sich schneidenden Linien eines Glas-Micrometers thun. Mithin kann die Differenz zwischen den Brechungsindices der anisotropen und isotropen Substanz im Uebergange zur Contraction (Fig. 45 *Bb*) nicht verschwinden (Ranvier, 1874), was Merkel (1872) behauptet hatte. Die doppeltbrechenden Eigenschaften des Muskels erkannte bereits Boeck (1839); die anisotrope und isotrope Substanzen hat Bruecke (1857) als solche unterschieden.

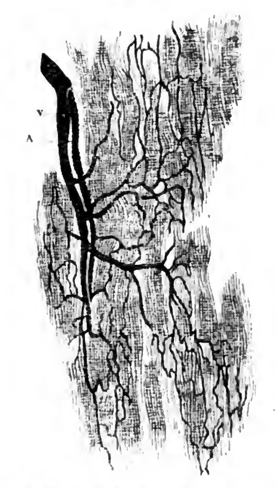
Die Querlinien wurden wahrscheinlich von Goodfellow (1814) und Lealand zuerst gesehen, als ein constantes und wesentliches Element der Muskelfaser aber erst von W. Krause (1868) erkannt.

Fig. 56.



Schematische Darstellung eines Muskelkästchens bei sehr starker Vergrösserung. *A* Im nicht contrahirten Zustande. *an* Muskelprisma aus einem Bündel von Muskelstäbchen oder Disdiaklasten bestehend. *is* Muskelkästchenflüssigkeit oder isotrope Substanz. *Q* Querlinie oder Grundmembran des Muskelkästchens. *B* Im contrahirten Zustande nach einer früheren Annahme. Das Muskelprisma ist unverändert, das Muskelkästchen aber breiter und niedriger geworden, die Muskelkästchenflüssigkeit ist zum Theil zwischen die Seitenmembranen des Muskelkästchens und das Muskelprisma getreten, wovon die Naturbeobachtung jedoch nichts ergibt. *C* Im contrahirten Zustande nach der jetzigen Annahme. Muskelkästchen wie in *B*. Die Muskelstäbchen sind durch die Muskelkästchenflüssigkeit ein wenig auseinander gedrängt. Die hellen Räume der isotropen Substanz sind daher niedriger geworden, das Muskelprisma breiter, die Muskelstäbchen selbst sind unverändert.

Fig. 57.



Blutgefässe des quergestreiften Muskels, injicirt. Sehr feiner Längsschnitt. V. 60. *A* Arterie. *V* Vene.

Die **Blutgefässe** der Muskeln sind sehr zahlreich. Arterien und Venen treten zusammen ein, von verschiedenen Seiten her, verästeln sich baumförmig mit spitzwinklig abgehenden der Längsrichtung des Muskels folgenden Zweigen und senden kurze Queräste in die primären Muskelbündel, welche sich in ein reichliches, die Muskelfasern in langgestreckten polygonalen Maschen (Fig. 57) umspinnendes Netzwerk auflösen. Die der Querrichtung folgenden Capillaren sind stets kürzer, als die nach der Längsrichtung verlaufenden; letztere liegen an den Kanten der prismatischen Muskelfasern, viele Capillaren

Merkel. Der quergestreifte Muskel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. VIII, p. 244, u. Bd. IX, p. 293, 187[illegible]
Wagener. Arch. f. mikr. Anat. Bd. IX, p. 712, 1873.

sind sehr eng. Die **Lymphgefässe** der Muskeln sind spärlich; sie verlaufen im interstitiellen Bindegewebe der tertiären und secundären Bündel, ohne in letztere einzudringen. — In Betreff der **Muskelnerven** s. Nervensystem.

Nach Loewe (1874) wird das Sarcolem auswendig von Lymphspalten (S. Lymphgefässe) umgeben, die mit Endothel ausgekleidet sind.

Sehnen und ihre Hülfs-Apparate.

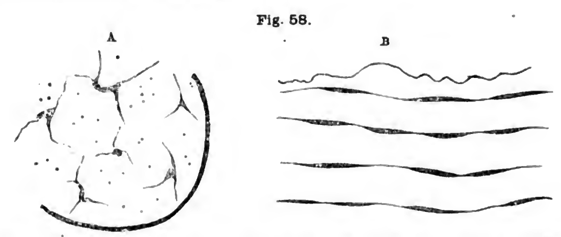
Die quergestreiften Muskeln stehen mit verschiedenen besonderen Organen in näherem Bezug. Solche sind: die Sehnen mit ihren fibrösen und Synovial-Scheiden, Sesam-Faserknorpel und Sesambeinen, sowie die Muskelfascien.

Sehnen oder Flechsen, *Tendines,* sind strafffasrige Bindegewebsstränge von verschiedener Gestalt, welche eine Vereinigung mit Muskelfasern eingehen. Meistens sind sie an den Enden der Muskeln, Tendines terminales, vorhanden, als dünnere, aber starke Fortsetzungen der Muskeln, welche durch dieselben mit den Knochen oder Knorpeln oder Fascien verbunden werden; zuweilen aber finden sie sich auch in der Mitte eines Muskels zwischen zwei Bäuchen desselben, als Tendines intermedii. Da, wo sie mit der Muskelsubstanz in Berührung treten, breiten sich ihre Fasern an den äusseren Flächen und im Innern des Muskels auseinander, so dass sie den Muskelfasern möglichst viele Berührungspunkte darbieten: übrigens legen sich die Muskel- und Sehnenfasern nicht mit ihren äussersten Enden allein, sondern ihrer Länge nach sehr genau und fest an einander, so dass beide dem freien Auge fast zu verschmelzen scheinen. Der mittlere freie Theil einer Sehne, welcher meistens von einer feinen, aber ziemlich festen Bindegewebsschicht, zuweilen von einer Synovialscheide, eingehüllt wird, ist dünner; das an einem Knochen oder Knorpel befestigte Ende wird wiederum dicker, indem die Fasern aus einander weichen, und mit der Bein- oder Knorpelhaut verschmelzen. Man unterscheidet zwei Hauptformen der Sehnen: *a*) breite, platte, dünne, hautähnliche Sehnen, *Aponeuroses,* welche meistens an den Enden breiter platter Muskeln sich finden, und nicht allein an Knochen sich heften, sondern auch in Fasciae musculares übergehen, und die Wände grösserer Höhlen bilden helfen; *b*) *strangförmige Sehnen,* vorzugsweise *Tendines* genannt, welche bald dick und kurz, bald dünn, länglich und schlank, selten vollkommen rund, meistens etwas plattgedrückt sind: sie dienen nur zur Befestigung der Muskeln an Knochen und Knorpel. Mitunter sind diese Sehnen zum Durchgange anderer Sehnen durchbohrt; oder sie spalten sich in mehrere an verschiedene Knochenstellen geheftete Zipfel; auch fliessen wohl mehrere Sehnen zu einem gemeinschaftlichen Tendo zusammen. Zuweilen enthalten sie nahe an ihren Enden eingewebte plattrundliche Sesambeine oder Sesamfaserknorpel. — Der Elasticitäts-Coëfficient der Sehne beträgt 1,669.

Die Sehnen zeichnen sich aus durch den geradlinigen Verlauf ihrer Bindegewebsfasern, welche fest aneinander gekittet sind und zu *primären Sehnenbündeln* zusammentreten, in deren Zwischenräumen sparsame elastische Fasern und Inoblasten (S. 44) liegen (Fig. 58); die primären Sehnenbündel vereinigen sich (z. B. 30 an Zahl) zu grösseren *secundären Sehnenbündeln,* deren Interstitien von lockerem Bindegewebe mit zahlreicheren elastischen Fasern und Inoblasten ausgefüllt werden; in derselben Weise bilden mehrere (z. B. 20) secundäre die grösseren *tertiären Sehnenbündel*, welche endlich die gesammte Sehne zusammensetzen. Sowohl an der Oberfläche der Sehnen, als in den Interstitien der tertiären und grösseren secundären Sehnenbündel, verlaufen

die Faserzüge des Bindegewebes vorzugsweise einander parallel und in querer Richtung. Sie bilden auf diese Weise festere Scheiden, die sich durch die ganze Sehne fortsetzen. Jenem queren Verlauf verdankt die Oberfläche frischer Sehnen ihren Atlasglanz, der vom leicht wellenförmigen Verlauf der umschlossenen Sehnenbündel abhängig ist.

Fig. 58.



Getrocknete Sehne mit Essigsäure. V. 500. *A* Querschnitt eines Theiles eines secundären Sehnenbündels. Eine Hülle, grösstentheils aus elastischen Fasern bestehend, begrenzt das Bündel. Im Innern desselben erscheinen sternförmige Figuren, welche die primären Bündel von einander abgrenzen und feine Pünktchen. *B* Längsschnitt. Die primären Bündel werden durch längliche spindelförmige Körperchen (Inoblastenkerne) von einander getrennt. Bei *B* eine elastische Faser.

Im lockeren Bindegewebe der grösseren Interstitien finden sich hier und da Fettzellen; an den Ansatzstellen mancher Sehnen kommen Knorpelkörperchen in den Interstitien vor; ebenso hyalines Knorpelgewebe (S. 56) auf einigen Knochenoberflächen, über welche Sehnen gleiten: Sulcus Hamuli pterygoidei (Sehne des M. tensor veli palatini), Incisura ischiadica minor (M. obturator internus), Calcaneus (tendo Achillis), Os cuboideum (Sehne des M. peronaeus longus). Ausserdem führen einige Sehnen Knorpelkörperchen von rundlicher oder länglicher Form an bestimmten Stellen ihres Verlaufs, welche Körperchen in den Interstitien der primären Bündel liegen (z. B. in einer gefässfreien Stelle an der hinteren Fläche der Sehne des M. rectus femoris unterhalb der Communicationsstelle mit dem zugehörigen Schleimbeutel, Tillmanns, 1874). Zum Theil wechseln knorpelhaltige gelbliche und knorpelfreie weissliche Bündel ab, oder es ist die Oberfläche ganz aus Faserknorpel gewebt, wodurch letztere ein matteres mehr gelbliches Aussehen erhält.

Die *Aponeurosen* haben ganz den Bau der eigentlichen Sehnen; sie gehen in ihre zugehörigen Fascien auch microscopisch unmerklich über.

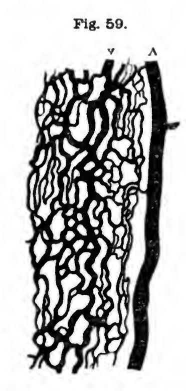
Die **Sehnenscheiden,** *Vaginae tendinum synoviales* s. mucosae, Schleim- oder Synovialscheiden der Sehnen, bilden lange Kanäle, welche vorzüglich lange schlanke Sehnen als lockere mit Synovia gefüllte Scheiden umgeben. Am unteren Ende der Sehnen sind sie blind geschlossen, am oberen gehen sie allmälig und ohne deutliche Grenze in lockeres Bindegewebe über, welches den Anfang der Sehne umhüllt und sich in das Perimysium internum des zugehörigen Muskels fortsetzt. Der Bau der Sehnenscheiden ist analog dem der Synovialmembranen der Gelenke. Auf die queren Bündel der Sehnenoberfläche folgt nach aussen lockeres, ebenfalls mehr querverlaufendes Bindegewebe, welches mit der Sehnenscheide durch feine Fäden hier und da zusammenhängt. Die Sehnenscheide bildet also keinen geschlossenen Sack, in welchen die Sehne so eingestülpt wäre, dass ihr Ueberzug der Scheide überall frei gleitend gegenüberläge. Die Innenfläche der Sehnenscheide ist mit Endothelien bedeckt, welche in continuirlicher Schicht als polygonale platte granulirte Zellen mit relativ sehr grossem, die Zelle mitunter beinahe ausfüllenden, ovalen, abgeplatteten Kerne mit Kernkörperchen dieselbe überkleiden.

Das querumspinnende lockere Bindegewebe der Sehnenoberfläche enthält elastische Fasern, wie solche in den Septis zwischen den secundären und tertiären Sehnenbündeln zahlreich vorkommen, und zeigt nach Silberbehandlung Saftkanälchen (S. Gefässsystem). Meistentheils verdichtet sich das grösstentheils lockere Bindegewebe der Sehnenoberfläche zu einer abpräparirbaren Haut, die als Fortsetzung der Sehnenscheide aufgefasst worden ist, worin die Sehne selbst gleichsam eingestülpt wäre. Sie trägt einen nach aussen gekehrten discontinuirlichen Ueberzug von Zellen, welche einen Uebergang (S. 41) zwischen Inoblasten und Endothelien bilden. Sie sind nämlich oblong-polygonale kernhaltige Platten mit relativ grossem Kern, die häufig reihenweise geordnet sind und nur ganz kurze Ausläufer besitzen. Nach kurzer Silberbehandlung erscheinen sie als helle Lücken, während die Grundsubstanz bräunlich wird; durch Maceration in 0,5—1 %iger Osmiumsäure oder H. Müller-scher Flüssigkeit sind sie isolirbar; nach letzterer Behandlung auch ihre Kerne mittelst Hämatoxylin und Canada-Balsam darstellbar. Ebenso verhalten sich die oben erwähnten Stellen von Sehnen, welche an der Oberfläche faserknorplige Beschaffenheit besitzen.

Die Blutgefässe der Sehnen beschränken sich auf das interstitielle Bindegewebe der secundären und tertiären Bündel, sind sparsam und werden nach innen seltener. Die stärkeren Gefässe sind von Gefässnerven begleitet. — An ihrer Oberfläche besitzen die Sehnen reichliche Lymphgefässe, in Form polygonaler capillärer Maschennetze; im Innern sind diese Capillaren sparsam zwischen den secundären und tertiären Bündeln vorhanden; sie anastomosiren um so weniger, je tiefer sie liegen, während nach der Oberfläche die Queräste, welche die nach der Längsrichtung verlaufenden Capillaren begleiten, häufiger werden; der Querschnitt der letzteren ist kreisförmig im gefüllten Zustande und scharf abgegrenzt. Die Lymphgefässstämmchen der runden Sehnen treten meistens durch benachbarte Muskeln hindurch; andere verlaufen im interstitiellen Bindegewebe zwischen grösseren Muskeln.

Die *Gefässe der Sehnenscheiden* (Fig. 59) und ihrer Fortsetzungen stimmen mit denen der Synovialmembranen überein: wie an diesen kommen analoge Plicae vasculosae mit Synovialzotten vor. *Lymphgefässe* sind in den Scheiden der carpalen Beugesehnen nachgewiesen.

Fig. 59.



Blutgefässe einer Sehnenscheide, injicirt. V. 80. *A* Arterie. *v* Vene.

Fibröse Sehnenscheiden, *Vaginae tendinum fibrosae,* sind längliche, ziemlich enge Halbkanäle, welche an ihren Rändern mit Knochen verbunden sind und mit diesen gemeinschaftlich vollständige Kanäle bilden; in diesen Kanälen laufen lange schlanke Sehnen geschützt und in unverrückbarer Richtung. Diese fibrösen Sehnenscheiden umgeben die Synovialsehnenscheiden und werden von diesen inwendig bekleidet. An anderen Stellen werden die Sehnen vom Knochen einerseits und von sehnigen, durch Zwischenräume getrennten Streifen, fibrösen Halbringbändern, Retinacula oder *Ligg. vaginalia tendinum,* Sehnen-Ligamenten, umschlossen, und ihrem Zuge dadurch eine feste Richtung angewiesen. Theils von den fibrösen Sehnenscheiden, theils vom Knochen gehen die Synovialscheiden der Sehnen aus, um sich auf die letzteren hinüberzuschlagen: an diesen Uebergangsstellen erzeugen sie bandartige Falten, *Vincula* s. Ligg. mucosae tendinum, in denen die zu den Sehnen tretenden Gefässstämmchen verlaufen. Solche Falten bilden auch Scheidewände zwischen benachbarten Sehnen, wenn ein Kanal deren mehrere enthält. Alle diese fibrösen Theile sind wie die Sehnen selbst gebaut; nur durch-

kreuzen sich die tertiären Bündel und noch grösseren Abtheilungen in schräger Richtung.

Ossa sesamoidea, *Sesambeine*, werden kleine rundliche Knochen genannt, die in Sehnen der Hand und des Fusses an bestimmten Stellen (Bd. II) vorkommen. Sie bestehen aus spongiöser Substanz mit festerer Rinde und einem Knorpelüberzug, der dem entsprechenden Gelenke zugekehrt ist. Statt derselben sind hier und da Faserknorpel, *Cartilagines sesamoideae,* Sesamknorpel, vorhanden, die sich constant an bestimmten Stellen der Sehnen der Mm. peronaeus longus und tibialis posticus vorfinden.

Die **Synovial-** oder **Schleimbeutel** oder Schleimbälge, *Bursae synoviales* s. Bursae mucosae, sind einfache, rundliche, etwas plattgedrückte, geschlossene und mit Synovia gefüllte Säcke von 2 bis 22 Mm. Dm., welche überhaupt zwischen solchen Theilen liegen, die bei Bewegungen einen starken Druck und Reibung erleiden. Daher finden sie sich am häufigsten zwischen Knochen und Sehnen in der Nähe ihrer Insertion, geben letzteren eine elastische Unterlage, und vergrössern den Insertionswinkel. Zuweilen werden sie von der Sehne so stark eingedrückt, dass sie zu beiden Seiten derselben hervorquellen, und sie ziemlich vollständig umgeben, so dass es scheinen kann, als liefe die Sehne mitten durch den Synovialbeutel. — Seltener finden sich Schleimbeutel zwischen zwei Sehnen, oder zwei Muskeln, oder zwei Knochen; häufiger dagegen unter solchen Stellen der äusseren Haut, welche auf harten fibrösen Theilen der Gelenke oder auf Knochen-Hervorragungen dicht aufliegen, und bei Bewegungen stark gespannt und einer bedeutenden Reibung ausgesetzt werden. Letztere nennt man *Bursae synoviales* s. mucosae *subcutaneae;* sie finden sich vorzüglich an der Streckseite der Extremitäten. — Auch in den Höhlen der Schleimbeutel bemerkt man nicht selten hervorragende Falten der Synovialhaut mit gelb-röthlichen Fettanhäufungen.

Ausser den constant vorkommenden gibt es auch accessorische Schleimbeutel, welche Varietäten darstellen, resp. nur mitunter gefunden werden; auch solche, die durch äussere Umstände, fortgesetzten Druck etc. pathologisch entstanden sind.

Alle Schleimbeutel haben zwar eine glatte Innenfläche, aber keine von dem benachbarten Bindegewebe verschiedene Synovialmembran. Vielmehr besteht die Begrenzung des Sackes aus parallelfasrigen, in sehr schräger Richtung sich durckkreuzenden Bindegewebsbündeln, die an einzelnen Stellen eine mehr netzartige Anordnung zeigen, so dass der Schleimbeutel taschenförmige Ausbuchtungen erhält. Die strafferen Bündel gleichen denen der Sehnen; zwischen ihnen tritt mehr lockeres Bindegewebe mit zahlreicheren elastischen Fasern auf. Die Innenfläche entbehrt eines continuirlichen Endothel-Ueberzuges, besitzt aber eckige Inoblasten, wie der Sehnenüberzug (S. 95), in geringen Abständen von einander. — Die Blutgefässe verhalten sich wie in den Synovialscheiden.

Fascien, *Fasciae musculares*, Muskelbinden, sind dünne, hautähnliche, aus sich durchkreuzenden Bindegewebsbündeln mit sparsameren oder oft sehr reichlichen elastischen Fasernetzen gewebte Ausbreitungen, welche das ganze Muskelsystem und einzelne Abtheilungen desselben umhüllen und diese genauer in ihrer Lage befestigen. Je reicher sie an elastischen Fasern sind, desto geringer und vollkommener ist ihre Elasticität. Sowohl die innere als die äussere Oberfläche der Fascien ist mit lockerem Bindegewebe bedeckt. Eine solche dünne Unterhautfascie, *Fascia superficialis* s. subcutanea, umgibt die ganze äussere Fläche des Muskelsystems, vorzüglich am Stamm des

Körpers: an einzelnen Stellen ist sie deutlich zu einem fibrösen Blatt entwickelt, an anderen erscheint sie nur als verdichtetes Bindegewebe mit wenigen stärkeren Bündeln, und verliert sich allmälig in das Unterhautbindegewebe, oder vereinigt sich mit den tiefer gelegenen Fascien. Letztere hüllen einzelne Abtheilungen des Muskelsystems ein, und erhalten meistens nach der Gegend, in welcher sie sich befinden, besondere Namen; sie hängen aber durch den ganzen Körper mit einander zusammen, indem sie geradezu in einander übergehen; oder an Knochenrändern, mit deren Beinhaut sie verwachsen, zusammenstossen. Vorzüglich stark ausgebildete, festere und scharf begrenzte Fascien finden sich am Schädel, an der unteren Hälfte des Stammes und an den Gliedmassen; sie umgeben nicht allein ganze Muskellagen, sondern bilden auch mehr oder weniger vollständige Scheidewände zwischen einzelnen Muskeln; diese sind oft von doppelten Blättern der Fascia zusammengesetzt und an Knochenränder geheftet, und werden *Ligamenta intermuscularia* genannt. An anderen Stellen enthalten die Fascien stärkere platte Streifen eingewebt, sog. *Ligamenta muscularia,* welche einzelne Muskeln oder Sehnen sehr genau in ihrer Lage befestigen und ihnen diejenige Richtung geben, in welcher sie auf die Knochen wirken. Einige Muskeln werden locker von den Fascien umhüllt; andere stehen mit ihnen in genauerer Verbindung, indem sie von ihnen zum Theil entspringen, oder mit ihren Aponeurosen in die Fascien übergehen und dieselben anspannen können.

Die deutlich ausgebildeten Fascien haben den Bau der Aponeurosen (S. 94), enthalten aber öfters viele elastische Fasern und Fasernetze. Sie zeigen Uebergänge in das mehr lockere Bindegewebe des Perimysium externum, welches als leicht trennbare, mit seröser Flüssigkeit durchtränkte und zu Bündeln, welche sehr langgezogene Maschen bilden. angeordnete Masse die stärkeren Blutgefässe, Nerven etc., die neben und zwischen den Muskeln verlaufen. umhüllt.

Da die Fascien sowohl mit der äusseren Haut, als mit dem Perimysium externum und dem interstitiellen Bindegewebe der angrenzenden Muskeln resp. sonstiger Organe stets in Verbindung stehen, so ist ihre anatomische Darstellung nur auf dem Wege möglich, dass die verbindenden Bindegewebsbündel ziemlich in einer Ebene abgeschnitten werden. So entsteht eine zusammenhängende, scheinbar isolirte verfilzte Lage oder Membran, etwa wie wenn ein Kornfeld niedergetreten wird. In Wahrheit aber sind zwischen den Oberflächen benachbarter Muskeln geschmeidige, mit Lymphserum gefüllte und von Bindegewebe durchzogene Intermuscularspalten vorhanden, in welchen die Muskeln gleiten.

Die Blutgefässe der Fascien sind sparsam; stärkere Gefässe treten selbständig von den grösseren Gefässstämmen der Extremitäten etc. an dieselben und verbreiten sich zunächst in mit lockerem Bindegewebe gefüllten Interstitien der stärkeren Bindegewebsbündel. Neben denselben verlaufen Lymphgefässstämmchen, die aus dem Perimysium internum der darunter liegenden Muskeln herkommen. Die Lymphcapillaren bilden an der Aussenfläche der Fascien mehr polygonale, an der Innenfläche mehr in die Länge gezogene Maschen; die in der Richtung der Bindegewebsbündel verlaufenden Gefässe sind die stärkeren.

Muskeln mit glatten Muskelfasern.

Diese Muskeln sind meistens zu Hohlorganen angeordnet, wo sie in grösseren Massen vorkommen und *Muskelhäute, Tunicae musculares,* darstellen. Sie liegen öfters in mehreren Schichten übereinander; ihre Contractionen sind durchaus unwillkürlich und ihre Wirkung ist meist auf eine Veränderung des Umfanges der von ihnen gebildeten Höhlen oder Kanäle, auf Verengerung, Erweiterung oder Verkürzung derselben gerichtet. Ihre Substanz ist blasser, jedoch fester und zäher, als die der Muskeln mit quergestreiften Fasern.

Da die letzteren Muskeln vorzüglich den Organen der Ortsbewegung, der Sprache und der Sinne, die Muskeln mit glatten Fasern aber den Organen der Ernährung angehören, so hat man sie oft als Muskeln des animalischen und des vegetativen oder organischen Lebens von einander unterschieden. Dieser Unterschied ist nicht streng durchzuführen, da mehrere der erstgenannten Muskeln beiderlei Functionen erfüllen. Noch weniger scharf lassen sich die Muskeln in willkürliche und unwillkürliche abtheilen: eine Eintheilung, welche überhaupt nicht auf die Muskeln selbst, sondern nur auf ihre Nerven sich beziehen kann.

Das spec. Gewicht des glatten Muskelgewebes beträgt 1,057—1,059, im Mittel 1,058. Die Elasticitäts-Coëfficienten sind nicht bekannt; man weiss nur, dass sie bei der Dünndarm-Musculatur in der Richtung der Länge und des Radius verschieden sind, und zwar in letzterer 2,1 mal grösser, während bei vollkommen elastischen Körpern das Verhältniss = 1:4 sein würde. Gespannt verliert der glatte Muskel wahrscheinlich Wasser, welches beim Nachlass der Spannung wieder aufgenommen wird.

Aus beiden Momenten erklärt sich folgende Fundamental-Erscheinung. Füllt man ein Darmrohr mit Wasser, welches mit dem Lumen einer eingebundenen, aufwärts gebogenen Glasröhre communicirt, so sinkt das Wasser anfangs bei Dehnung des Darmrohrs in die Länge, d. h. das Volumen des letzteren nimmt zu. Während aber bei allen sonstigen elastischen Körpern (z. B. Kautschuk) die Volums-Zunahme bis zur Zerreissung fortdauert, schlägt sie beim Darm sehr bald in Volums-Abnahme um, wobei das Wasser in der Glasröhre steigt. Dasselbe Verhalten ist nachgewiesen (W. Krause, 1862): für die Aorta, die Tunica vaginalis propria des Hodens, welche aus Bindegewebe besteht, das elastische Nackenband und die Membranen der Vater'schen Körperchen, letztere s. beim Nervensystem; endlich für einige Venen (Braune, 1875).

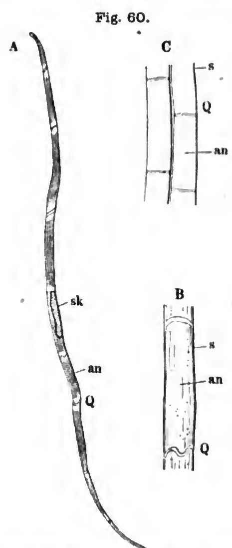
Was das Vorkommen glatter Muskelfasern anlangt, so finden sie sich: in der Haut, im Ohr, im und am Auge, in den Respirationsorganen, an den Speicheldrüsen, im Darmtractus, in Leber und Milz, in den Harnorganen, den weiblichen und männlichen Geschlechtsorganen; ferner in ausgedehntem Maasse an den Arterien und Venen.

Das glatte Muskelgewebe zeigt im frischen Zustande ohne Zusatz unter dem Microscop lange parallele, bandartige Fasern, die durch eine mit Silber sich bräunende Kittsubstanz sehr fest verbunden werden. Nach mehrstündiger Maceration in concentrirter Salpetersäure und Einlegen in Glycerin, oder in 35%iger Kali- oder Natronlauge, sowie durch mehrtägige Maceration in 20%iger Salpetersäure, oder 10%iger Chlornatrium-Lösung zerfällt die Substanz in *glatte Muskelfasern,* musculöse Faserzellen, organische Muskelfasern, glatte Muskelspindeln, die meist 0,4—0,5 Mm. Länge auf 0,005 Breite haben und in ihrer Form den quergestreiften Muskelfasern insofern gleichen, dass letztere im isolirten Zustande bei 25facher Vergrösserung genau so aussehen können, wie die glatten Fasern bei 250facher. Letztere sind spindelförmige, aus einer einzigen Reihe von 7—10 Muskelkästchen bestehende Elemente, die den Werth von Zellen haben. Sie ordnen sich zu primären und secundären Bündeln (Fig. 177), wie die der quergestreiften Muskeln. Die primären Bündel sind auf dem Querschnitt meist polygonal, die secundären länglich, also stark abgeplattet. Die Substanz der Fasern selbst ist hell, homogen oder sehr fein granulirt. Die Kerne sind schwächer lichtbrechend, als die contractile Substanz, ebenfalls klar und enthalten meistens ein Kernkörperchen. Nach Behandlung mit Säuren erscheinen sie granulirt, stäbchenförmig, häufig etwas S-förmig gebogen oder spiralig gedreht.

Stellenweise wird die contractile Substanz der Quere nach durch eine zarte *Querlinie* (Fig. 60 *C. Q*) unterbrochen, die von der einen seitlichen Contour zur anderen hinüber läuft und ganz der Querlinie quergestreifter Muskelfasern gleicht. An ihrem rein queren Verlauf sind diese Querlinien leicht von elastischen Fasern zu unterscheiden, die zahlreich zwischen den glatten Muskelfasern vorkommen. Die elastischen Fasern verlaufen spiralförmig; ihre Windungen kreuzen daher die Muskelfasern in schräger Richtung.

Untersucht man glatte Muskelfasern aus dem unteren Theile des Oesophagus des Menschen einige Stunden nach dem Tode mit Wasserzusatz, so sind die Querlinien schon bei gewöhnlicher Vergrösserung deutlich sichtbar. Die Fasern lassen sich unter diesen Umständen sehr leicht in ihrer ganzen Länge isoliren. Die contractile Substanz erscheint etwas undurchsichtiger, als in ganz frischem Zustande ohne Zusatz; sie grenzt sich durch einen hellen Zwischenraum (Fig. 60 *A. Q*) von der anstossenden Querlinie ab. Letztere wird daher auf beiden Seiten von einem hellen Saume eingefasst, welcher offenbar der Muskelkästchenflüssigkeit oder isotropen Substanz der quergestreiften Muskelfasern homolog ist. Mit polarisirtem Licht wurde jedoch keine einfach-brechende Linie, wie sie diesem hellen Saume entsprechen würde, bisher nachgewiesen: die glatte Muskelfaser erscheint in ihrer Totalität doppelt-brechend gleich der anisotropen Substanz quergestreifter Fasern. Dies erklärt sich aus der geringen relativen und absoluten Dicke der betreffenden hellen Säume von je zwei Muskelkästchen, die noch dazu von einer jedenfalls doppelt-brechenden Querlinie getrennt werden. Auch chemisch gleichen sich glatte und quergestreifte Muskeln, insofern sie Myosin (Syntonin) liefern. Da jede glatte Muskelfaser nur aus einer einzigen Reihe von Muskelkästchen (Fig. 60 *A*) besteht, so entspricht sie einer Muskelkästchenreihe der quergestreiften Fasern. Der Abstand von je zwei Querlinien beträgt im Oesophagus des Menschen 0,015—0,038, ihre Dicke 0,001, während die Breite der glatten Muskelfasern selbst auf 0,0019—0,0038 Mm. anzusetzen ist. In seltenen Fällen sind die Endstücke der Muskelfasern gablig getheilt; die an den äussersten Enden der spindelförmigen Fasern gelegenen Muskelkästchen sind dünner und meistens auch kürzer, als die übrigen, die schmalsten nur 0,012 Mm. breit. Häufig findet sich eine Querlinie in der Gegend des Kernes der Muskelfaser. Dieselbe setzt sich an den letzteren, der mithin wandständig gelegen ist (Fig. 60 *A. sk*). In die Contour der Muskelfaser gehen an Chlorwasserstoffsäure-Präparaten die Querlinien continuirlich über; man muss daraus schliessen, dass die Grundmembranen der Muskelkästchen mit der Umhüllungs-Membran ihrer Muskelfasern zusammenhängen, resp. verwachsen sind. Die letzteren besitzen also

Fig. 60.



Glatte Muskelfasern mit Querlinien. *A* Aus dem unteren Theile des Oesophagus vom Menschen, in Wasser isolirt. V. 450. *Q* Querlinie an jeder Seite mit einem hellen Saum, welcher der Muskelkästchenflüssigkeit oder isotropen Substanz entspricht. *an* anisotrope Substanz, längsgestreift. *sk* Sarcolemkern. Die Muskelfaser besteht aus einer einzigen Reihe von neun Muskelkästchen. — *B* Bruchstück einer solchen, ebendaher, nach 24stündigem Einlegen in Chlorwasserstoffsäure von 1 : 1000. *Q* Querlinie, etwas gebogen. *s* Sarcolem mit den Grundmembranen der Muskelkästchen zusammenhängend. *an* durchsichtig gewordene anisotrope Substanz. V. 1000. — *C* Aus der Dünndarm-Muscularis vom Schwein, ganz frisch ohne Zusatz. Theile von zwei Muskelfasern in situ. *s* Sarcolem. *Q* Querlinie. *an* anisotrope Substanz, ganz durchsichtig. V. 800.

ebensowohl ein Sarcolem, wie die quergestreiften Muskelfasern, das jedoch nicht dem Sarcolem der letzteren gleichwerthig, sondern vielmehr den Seitenmembranen der Muskelkästchenreihen zu parallelisiren ist. Die Querlinien erhalten sich auch in Chromsäure-Lösung von 0,2 %, Osmiumsäure, sowie nach mehrstündigem Einlegen in concentrirte Salpetersäure, oder in solche von 20 % während einiger Tage.

An den in 0,1 %iger Chlorwasserstoffsäure aufbewahrten Muskelfasern sieht man häufig spiralige Windungen und Knickungen. Dieselben treten meist gerade an den Orten auf, wo die Querlinien liegen. Manchmal sind die Muskelfasern an diesen Stellen gleichsam knotig angeschwollen, was auch an Salpetersäure-Präparaten häufig vorkommt. Oder es findet eine Einstülpung des Sarcolems der glatten Muskelfaser in sich selbst statt, wodurch bei unaufmerksamer Beobachtung der Anschein einer durch die ganze Dicke der Faser gehenden Scheidewand von bedeutenderem Durchmesser hervorgerufen werden kann. Oder die Querlinien erscheinen dicker als gewöhnlich, auch wohl stark gebogen, sogar geknickt (Fig. 60 *B. Q*). Ihr Dickerwerden geht Hand in Hand mit einer Verminderung des Dickendurchmessers der glatten Muskelfaser selbst, und ist als eine Elasticitäts-Aeusserung der Grundmembranen aufzufassen.

Mit Wasser etc. behandelte glatte Muskelfasern zeigen mitunter eine zarte Längsstreifung; lebendig contrahirte sind gekrümmt und an ihrer concaven Seite fein und dicht quergestreift. Von den Enden des Kerns erstrecken sich in der Längsrichtung der Faser an Säure-Präparaten mitunter einige feine Körnchen, die sich wie Protoplasma-Reste ausnehmen.

An einigen Stellen (Trachealmuskeln, Hautfedermuskeln der Vögel etc.) gehen die primären Bündel in Sehnen aus, die von elastischen Fasern gebildet werden. Vielleicht stehen die erwähnten, zahlreich in dem sparsam vorhandenen interstitiellen Bindegewebe der glatten Muskeln vorkommenden elastischen Fasern in einer analogen Beziehung zu den mitunter getheilten Enden der spindelförmigen Muskelfasern. Wegen der geringen Elasticität des elastischen Gewebes ist anzunehmen, dass diese sogenannten Sehnen nicht sowohl während der Contraction Muskelfaserzug fortpflanzen, als vielmehr nach Aufhören der ersteren die ursprüngliche Form des glatten Muskels durch elastische Zugwirkung wiederherstellen; sie befestigen zum Theil die Organe an relativ fixen Punkten.

Auf dem Querschnitt glatter Muskelbündel (Fig. 159) erscheinen die Kerne theils wandständig, theils in der Axe der Fasern gelegen. Aus beiden Bildern ist Nichts über ihren Ort zu erschliessen, da im einzelnen Fall kein Mittel vorhanden ist, um zu entscheiden, ob der beabsichtigte Querschnitt an den Bündeln, Fasern und Kernen, die sämmtlich spiralig verlaufen, nicht schräg ausgefallen ist. Entscheidend für die Wandständigkeit ist dagegen die Untersuchung isolirter Fasern, die man rotiren kann.

Bei Betrachtung der Grössen-Verhältnisse der Muskelkästchen (S. 87) müssen Wirbelthiere und Wirbellose, glatte und quergestreifte Fasern zusammengefasst werden.

Die Grösse der Muskelkästchen, sowie die relativen Dimensionen der anisotropen und isotropen Substanz sind bei den Säugern und Vögeln fast absolut constant in allen Muskeln, Geschlechtern und Altern. Ebensowenig finden sich bei den bisher untersuchten anderen Thierclassen Unterschiede in diesen Beziehungen. Eine Ausnahme bilden nur die Thoraxmuskeln der Insecten, welche in der physiologischen Leistungsfähigkeit, wie in der Kleinheit ihrer Muskelkästchen sogar die Sängermuskeln noch übertreffen. Auch die Dimensionen der isotropen Substanz und die Dicke der Querlinien (0,0003) in der Längsrichtung der Muskelfaser sind bei den Wirbelthieren fast vollkommen identisch. Dagegen sind bei den Wirbellosen (Krebs, übrige Muskeln der Insecten) die Querlinien dicker (0,0005), während die isotrope Substanz bei den Insecten ebenfalls etwas mächtiger ist, als bei den Wirbelthieren. Die Amphibien und Fische zeichnen sich vor den höheren Wirbelthieren durch eine bedeutendere Breite (Dicke) ihrer Muskelkästchen in der Querrichtung der Muskelkästchen aus, wogegen die Länge dieselbe bleibt. Das Verhältniss der Länge zur Breite stellt sich beinahe wie 4:6, während es bei den höheren Wirbelthieren wie 4:3 und in den Thoraxmuskeln der Insecten wie 4:2,5 anzusetzen ist.

Bei den Insecten ist die Breite der Muskelkästchen in den übrigen Muskeln eher etwas geringer, als bei den niederen Wirbelthieren; aber die Länge hat bedeutend zugenommen, so dass das Verhältniss beider wieder wie 4:3 wird, ganz wie bei den höheren Wirbelthieren. Die Schwanzmuskeln des Flusskrebses stehen den Insectenmuskeln in dieser Hinsicht näher; in den Scheerenmuskeln dagegen finden sich absolut sehr breite Muskelkästchen, während die absolute Länge nicht grösser ist, als bei den Insecten, und zur Breite sich wieder wie beim Frosch (4:6) verhält. Die Kästchen der glatten Muskelfasern sind im Verhältniss zur Breite sehr lang (4:1); ihre absolute Länge übertrifft die aller anderen Muskelkästchen; die absolute Breite wird nur in den Scheerenmuskeln des Flusskrebses übertroffen. In der folgenden Tabelle sind die absoluten Dimensionen in Millimetern ausgedrückt; die Verhältnisszahlen der Länge : Breite sind abgerundet. Als Einheit für die relativen Längen und Breiten ist die Länge der Muskelkästchen in den Thoraxmuskeln der Insecten, weil sie den absolut geringsten Betrag (0,0025 Mm.) repräsentirt, angenommen und = 100 gesetzt. Die Volumina sind unter Voraussetzung einer cylindrischen Gestalt der Muskelkästchen berechnet, welche Abweichung von der Wahrheit auf die relativen Grössen ohne merklichen Einfluss bleiben dürfte, und in Milliontel Cubikmillimeter ausgedrückt.

Dimensionen der Muskelkästchen.

Thiere	Absolute		Relative		Verhältniss	Volumen	Muskeln
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge : Breite		
Musca vomitoria	0,0025	0,0015	100	60	4 : 2,5	0,004	Thoraxmuskeln
Säuger	0,0026	0,0019	104	76	4 : 3	0,007	Körpermuskeln
Frosch	0,0026	0,0035	104	140	4 : 6	0,025	Brustmuskel
Hydrophil. piceus	0,0040	0,0030	160	120	4 : 3	0,028	Oberschenkelmuskeln
Astacus fluviatilis	0,0039	0,0062	156	248	4 : 6	0,0118	Scheerenmuskeln
Mensch, Schwein	0,0180	0,0050	720	200	4 : 1	0,353	Glatte Muskeln des Darmkanals

Die Berechnung der Volumina der Muskelkästchen bietet ein besonderes Interesse, weil darin ein Gesetz nicht zu verkennen ist, welches sich folgendermassen ausdrücken lässt: Je rascher die Contractionen der betreffenden Muskeln, resp. die Bewegungen der entsprechenden Thiere vor sich gehen, in um so kleinere Abtheilungen zeigt sich die gleiche Masse contractiler Substanz gesondert. Die Schnelligkeit der Uebertragung der Erregung (Reizung) von Abtheilung (Muskelkästchen) zu Abtheilung nimmt also mit der Grösse derselben in umgekehrtem Verhältnisse zu. Man braucht nur die Scala: Thoraxmuskeln der Insecten, höhere Wirbelthiere, niedere Wirbelthiere, übrige Muskeln der Insecten, Krebs, glatte Muskeln durchzugehen, um in der Uebereinstimmung der Reihenfolge mit der oben gegebenen Columne der Volumina den Beweis für das aufgestellte Gesetz zu finden. Eine Ausnahme bilden vielleicht die Schildkrötenmuskeln. Es mag noch bemerkt werden, dass im Allgemeinen die Anzahl der Muskelkästchen, welche zu einer Muskelfaser vereinigt sind, in ähnlichem Verhältniss abnimmt, wie die absolute Grösse der Kästchen wächst. In einer quergestreiften Muskelfaser des Menschen würde die Anzahl der Muskelkästchen unter Annahme einer doppelkegelförmigen (spindelförmigen) Gestalt, einer Länge von 20—35 Mm. und einer grössten Dicke von 0,014—0,015 Mm. auf 300,000 bis Millionen zu schätzen sein, während eine glatte Muskelfaser des Menschen meist nur 7—10 Muskelkästchen enthält.

Die Blutgefässe der glatten Muskeln sind sehr viel spärlicher als in den quergestreiften. Wie in letzteren verlaufen die Capillaren: länglich-polygonale Maschennetze bildend, deren Längsrichtung derjenigen der Muskelfasern gleichgerichtet ist (s. Dickdarm). Anstatt der einzelnen Fasern werden aber nur die primären Bündeln von Capillargefässmaschen umsponnen; in den Zwischenräumen der secundären Bündel verlaufen ausserdem die Arterien und Venen. Eigene Lymphgefässe der glatten Musculatur sind nur an wenigen Stellen (s. Uterus, Darm-Muscularis) bekannt; über ihre Nerven s. Nervensystem.

Eingeweidesystem.

Sinnes-Apparate.

Haut.

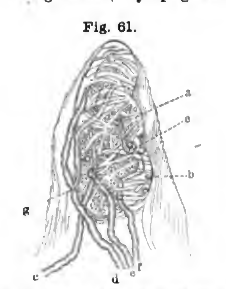
Die äussere Haut, **Cutis,** besteht aus der eigentlichen Lederhaut oder Corium und dem Unterhautbindegewebe. Erstere wird von der Epidermis überkleidet.

Das Corium trägt an seiner äusseren Oberfläche zahlreiche hügel- oder kegelförmige Hervorragungen, *Papillen,* Papillae, die insgesammt nebst ihrer nächsten Unterlage als *Papillarkörper*, Corpus papillare, bezeichnet werden. Sie stehen einzeln oder in kleinen Gruppen auf einer gemeinschaftlichen Basis; an den Innenflächen der Hände und Füsse dagegen in mehrfachen Reihen auf den mit blossem Auge sichtbaren Riffen dieser Flächen. Die Basis der Papillen ist meist oval geformt, bei den kleineren mehr rundlich; ihre Länge übertrifft den Durchmesser der Basis um das Doppelte, oder kommt derselben ungefähr gleich, oder ist selbst geringer als diese. Ersteres gilt von den zugleich absolut längsten Papillen der mit Riffen besetzten Hautstellen, das Zweite vom grössten Theile der Haut des Rumpfes und der Glieder, wo auch einzelne Papillen der zuletzt angeführten Form vorkommen. In der Mitte ihrer Länge haben die langen Papillen den dritten oder vierten Theil der ersteren als Querdurchmesser. Zuweilen stehen zwei oder drei auf einer gemeinschaftlichen Basis, während die Gipfelform sich durch mehr oder weniger vollständige Trennung verschieden gestaltet: Zwillingspapillen (Fig. 62 *a* u. *b*). Sind 3—6 Papillen einem gemeinschaftlichen cylindrischen Stiel aufgesetzt, dessen Dicke der Gesammtdicke der ersteren mindestens gleichzukommen pflegt, so werden solche Gebilde als zusammengesetzte Papillen bezeichnet.

Alle Papillen bestehen aus sehr festem Bindegewebe, dessen parallelfasrige, sehr dünne Bündel fast geradlinig nach der Längsrichtung der ersteren sich erstrecken, in Wahrheit jedoch in langgezogenen Spiralen durch einander geflochten sind. Dies ergibt sich bei längerer, die Papillen frei legender Einwirkung von Natronlauge, wobei die Enden der Bündel an der Spitze wie am Mantel der Papillen hervorspringen und frei endigen. An der ganz frischen unversehrten Papille erscheint auf dem senkrechten Längs- oder Querdurchschnitt ohne Zusatz ihr Bindegewebe fast homogen; die Oberflächencontour als helle Linie bei gewöhnlichen, als zart gezackte Grenzlinie bei stärkeren Vergrösserungen, ebenso, wenn sie kurze Zeit mit Essigsäure oder mit Natron behandelt ist (Fig. 61). Erstere Erscheinungsweise hat zu der irrthümlichen Annahme einer Basalmembran, basement membrane, Veranlassung gegeben. Zwischen den straffen Bündelchen der Papille liegen sparsame feinste elastische Fasern und Inoblasten; beide der Längsrichtung parallel und nach

Behandlung mit verdünnten Säuren sichtbar werdend. Die Papillen-Axe wird von Blutgefässen, Lymphgefässen oder Nerven eingenommen (S. unten).

Fig. 61.



Papille von der Volarfläche des Zeigefingers mit gezähneltem Rande (und vier doppeltcontourirten Nervenfasern nebst Tastkörperchen, nach Meissner). V. 400/200.

Das Gewebe des eigentlichen Corium setzt sich aus stärkeren, sehr eng und netzartig verflochtenen Bindegewebsbündeln zusammen, die theils cylindrisch, theils abgeplattet sind, meist der Oberflächen-Erstreckung mehr parallel laufen, aber mit stärkeren, aus der Tiefe aufstrebenden Balken und bindegewebigen Septis zusammenhängen.

Das Unterhautbindegewebe wird wesentlich von letzteren beiden gebildet, die zwischen sich die *Fettzellen* des Panniculus adiposus in traubenförmigen Gruppen (S. 53), ferner die übrigen Bestandtheile der Haut, wie Drüsen etc., und in ihrer Axe die stärkeren, für den Papillarkörper bestimmten Gefäss- und Nervenstämmchen enthalten. Sowohl das Corium wie das Unterhautbindegewebe ist reich an elastischen Fasern, die in ersterem feiner, in letzterem stärker sind; ersteres enthält dagegen zahlreichere Inoblasten.

Die Epidermis, Oberhaut, schliesst sich der Cutis überall genau an, während ihre äussere Oberfläche gleichmässig sich hindehnt und nur an den grösseren mit freiem Auge sichtbaren Riffen, Furchen und Runzeln dem Corium folgend dessen Begrenzungsflächen nachahmt. Sie besteht ausschliesslich aus Zellen, Epidermiszellen, und zerfällt in drei Lagen. Dabei wird, sowie in Bezug auf die Beschreibung der ganzen Haut und ihrer Drüsen, Haare etc., die Richtung nach der freien Oberfläche als nach oben, die entgegengesetzte als nach unten bezeichnet.

Das *Rete mucosum* s. Malpighii s. Stratum mucosum, *die Schleimschicht,* unterste oder innerste Lage der Epidermis, wird von vielen übereinandergelagerten Zellenschichten gebildet. Seine Dicke ist an dicht benachbarten Stellen deshalb wechselnd, weil die Interstitien zwischen den Papillen ausschliesslich durch das Rete ausgefüllt werden. Von dem Papillarkörper abgelöst und in der Richtung von letzterem her betrachtet erscheint es deshalb netzförmig durchbrochen mit rundlichen oder ovalen, den Papillenquerschnitten entsprechenden Lücken, woher sein Name. Die untersten Zellen desselben sind länglich-oval, mit dem Längsdurchmesser senkrecht zur Oberfläche der Epidermis, und daher an den Manteloberflächen der Papillen etwas schräg gegen dieselben, resp. parallel den Längsaxen der Papillen gestellt. Die eiförmigen, relativ zur Zelle sehr grossen Kerne haben hellen homogenen Inhalt, meistens mit einem oder zwei Kernkörperchen, und werden nur von einer dünnen Lage körnigen Protoplasma's überdeckt. An farbigen Hautstellen der weissen Menschenrace (sowie in der ganzen Epidermis der farbigen Völker, namentlich der Neger) führt das letztere Pigmentkörnchen von gelber bis dunkelbrauner Farbe. Mit ihrem unteren Ende oder Fuss sind die Zellen in die zackige Papillenoberfläche eingezahnt, wodurch der feste Zusammenhang zwischen Corium und Epidermis vermittelt wird. Dieselbe Verzahnung ist an denjenigen Cutisoberflächen vorhanden, die leicht gewellt oder ganz eben sind, und stehen die untersten Zellen ebenfalls senkrecht. Aber auch

ihr oberes Ende ist mit der zweiten Schicht der unteren Epidermiszellen verzahnt. Letztere nehmen nach oben mehr und mehr an Grösse zu, werden zugleich polyedrisch, während Grösse und Form der Kerne unverändert bleiben; die Anzahl der Protoplasmakörnchen bleibt unverändert, was ebenso vom Pigment gilt, so dass die Zellen nach oben immer weniger gefärbt erscheinen. Stets sind ihre Kanten und Oberflächen mit denen von sämmtlichen benachbarten Zellen verzahnt und die Zellen als Riff- und Stachelzellen zu bezeichnen. Die Zellen, wie ihre Kerne, platten sich in der Richtung nach der Epidermisoberfläche hin mehr und mehr ab. In verdünnten Säuren oder Alkalien quellen die ersteren auf, streben der Kugelgestalt zu; durch wasserentziehende Agentien schrumpfen sie. — Das Rete mucosum und die ähnlich beschaffenen Zellenschichten der Haarbälge, Schleimhäute etc. pflegen von Leukoblasten durchwandert zu werden (S. Nervensystem).

Die Grenze zwischen Rete mucosum und der äussersten Epidermisschicht wird von einer dünnen *intermediären Schicht*, Stratum intermedium s. lucidum (Fig. 64 *i*), gebildet, welche aus wenigen Lagen platter polygonaler, kernhaltiger Zellen besteht, die jedoch nicht so stark abgeplattet sind, als die der äussersten Schicht. Der Uebergang zwischen den Zellen der intermediären und der Schleimschicht, deren nächstbenachbarte Zellenlagen sich in ihren * Zellenkörpern durch Tinctionsmittel, namentlich aber durch Osmiumsäure, intensiver färben als die tieferen, ist fast plötzlich; die Grenze der ersteren Schicht gegen aussen weniger bestimmt markirt. In sanften Biegungen folgt die intermediäre Schicht überall den papillären Hervorragungen.

Die äusserste Abtheilung bildet die *Hornschicht*, Stratum corneum, in den äussersten Lagen aus ganz dünnen kernlosen Zellplatten, *Hornzellen*, Hornplättchen oder Hornschüppchen, bestehend, die unregelmässig polygonal, windschief gebogen und öfters stark geknickt oder mehrfach gefaltet, auch stark doppeltbrechend sind. Nach längerer Einwirkung verdünnter Alkalien oder Säuren streben sie der Kugelgestalt zu, jedoch wesentlich ovoid bleibend. Je weiter nach der Oberfläche sie liegen, desto mehr nimmt ihre Flächen-Ausdehnung, aber auch ihre Abplattung allmälig zu. An Stellen, wo die Hornschicht dicker ist, spaltet sie sich leicht in der Oberfläche parallele Blätter, die jedoch nur über microscopische Entfernungen zu verfolgen sind. In den inneren Lagen ist der vertrocknete Kern in Gestalt eines platten Hohlraums noch nachzuweisen; stets liegt die Flächenausdehnung der Zelle der Epidermis-Oberfläche parallel, und von den papillären Erhabenheiten lassen sich nur an der inneren, nicht mehr an der äusseren Fläche der Hornschicht noch Spuren auffinden. Successiv blättern die äussersten verhornten Zellen ab, lösen sich vom Körper, indem sie zur Erde fallen oder in der Luft weiter getragen werden.

Während die Dicke des Rete mucosum sich nach der Länge der Papillen richtet und auch wo diese fehlen, innerhalb derselben engen Grenzen sich hält, beträgt diejenige der Hornschicht meist zwei- bis viermal weniger. Dagegen sind in der Gesichtshaut, auf der Streckseite der Extremitäten und am Rücken beide etwa gleich stark, während an den Volar- und Plantarflächen die Hornschicht um das Drei- bis Vierfache überwiegt. — Die Hautpapillen sind bei Säugethieren an einigen Körperstellen erheblich grösser als beim Menschen und können stärkere elastische Fasernetze enthalten. Man findet sie bei allen Wirbelthieren, doch keineswegs auf der ganzen äusseren Haut verbreitet, deren Oberfläche auch auf microscopischen Durchschnitten ganz oder fast eben sein kann, welches letztere bei vielen Säugethieren vorkommt. Die Pigmentirung der Zellen des Rete ist in dem Thierreiche in ähnlicher Weise verbreitet; übrigens sind die Hautfarben mehrfach von grösseren Pigmentzellen abhängig. Spuren davon kommen in der Negerhaut und in gefärbten Hautwarzen weisser Menschen in Form kleiner länglicher oder eckiger Häufchen gelbbräunlicher Pigmentkörnchen vor, deren Zellennatur jedoch nicht feststeht. Die Hornschicht der Epidermis ist in dickeren Schnitten leicht gelblich, und zwar sehr merklich intensiver beim Neger als beim Weissen gefärbt, ohne dass in den Zellen der Negerhornschicht Pigmentkörnchen zu erkennen wären. Es ist sonach unaufgeklärt, was von den Farbstoffkörnchen des Rete mucosum wird, wenn die sie einschliessenden Zellen beim Wachsthum allmälig verhornen. — Die heutzutage vielfach benutzte Eigenschaft des salpetersauren Silberoxyds, nach seiner Reduction die Zellengrenzen schwarz zu färben, wurde von C. Krause (1844) zuerst in der microscopischen Technik bei Untersuchung der Epidermis verwendet.

Die Blutgefässe der Haut verlaufen als kleine Arterien und Venen, schräg gegen die Oberfläche aufstrebend, in den bindegewebigen Balken und Septis, welche die

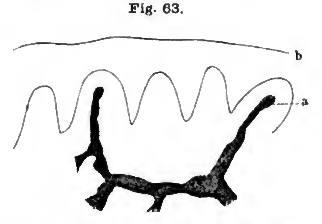
* Langerhans betrachtet diese tieffärbenden körnigen Zellen der oberen Schichten der Rete (die dem Stratum lucidum am nächsten stehen) als den eigentlichen physiologischen Mutterboden des Stratum corneum. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 9. p. 743. 1873.

Fettzellen-Gruppen des Unterhautbindegewebes von einander sondern. Letztere Gruppen erhalten meist ein arterielles und ein venöses Gefäss, die in zahlreiche, rundlich-polygonale Maschen bildende Capillaren sich auflösen; jede Masche enthält 1—3 Fettzellen. Im Corium steigen die Arterien und Venen weniger geneigt auf, im Allgemeinen der gegen die Hautoberfläche schrägen Richtung der Haarbälge und zugleich der Hauptausdehnung jener stärkeren und abgeplatteten Bindegewebsbündel folgend, durch welche Ausdehnung die in verschiedenen Richtungen differirende Spaltbarkeit der Haut (Bd. II) bedingt wird. Die zusammen verlaufenden Arterien und Venen werden durch nicht regelmässige Intervalle getrennt, so dass jede Arterie eine kleinere oder grössere, nahezu kreisförmige oder ovale *Gefässprovinz* (Fig. 64 *v*) versorgt, jedoch mit den Nachbararterien der Fläche nach auf allen Seiten durch Capillargefässe anastomosirend. Unter den Papillen bilden sich weitere polygonale Capillargefässmaschen, aus welchen Gefässschlingen senkrecht aufsteigend in die Hautpapillen gelangen, jedoch nicht in alle (S. Nervensystem). Die zusammengesetzten Papillen besitzen ein stärkeres arterielles und ein ebensolches venöses Gefäss, die unter einander anastomosiren; die gewöhnlichen Papillen, Gefässpapillen, enthalten dagegen niemals mehr als eine einfache spiralig gedrehte Gefässschlinge (Fig. 62), die nicht ganz bis zum Gipfel hinaufsteigt. Ihre Gefässschlingen sind aufgedreht und deren beiden Schenkel fast in derselben Ebene gelegen (Fig. 62 *d*), wenn die Haut oder die einzelne Papille im Tode blutleer ist; dagegen spiralig — einfach oder doppelt, selten dreifach — torquirt, wenn die Hautgefässe natürlich oder künstlich stark injicirt sind (Fig. 65). Die Zwillingspapillen führen meist nur in ihrer einen Hälfte eine Gefässschlinge (Fig. 62 *b*); sind solche in beiden Gipfeln vorhanden, so ist es meist dasselbe Capillargefäss, welches sich durch beide hindurchzieht, und Gleiches kommt auch in benachbarten einfachen Papillen vor.

Fig. 62.

Zwillingspapille zwischen zwei anderen (nach Meissner) von der Vola der dritten Phalanx vom Mittelfinger. V. 100/200. Mit Natron. *a* Tastkörperchen in dem einen Gipfel der Zwillingspapille. *b* Mässig gefüllte dreimal gewundene Gefässschlinge in dem anderen Gipfel. *c* Zweimal gewundene, *d* gestreckte Gefässschlinge in einfachen Papillen.

Fig. 63.



Senkrechter Durchschnitt der Haut über der weibl. Mamma. Lymphgefässe mit Leim und Chromgelb injicirt, Alkohol, Essigsäure, Glycerin. V. 150. *a* Kolbenförmige blinde Anfänge der Lymphgefässe in der Axe der Cutispapillen. *b* Obere Grenze der Epidermis.

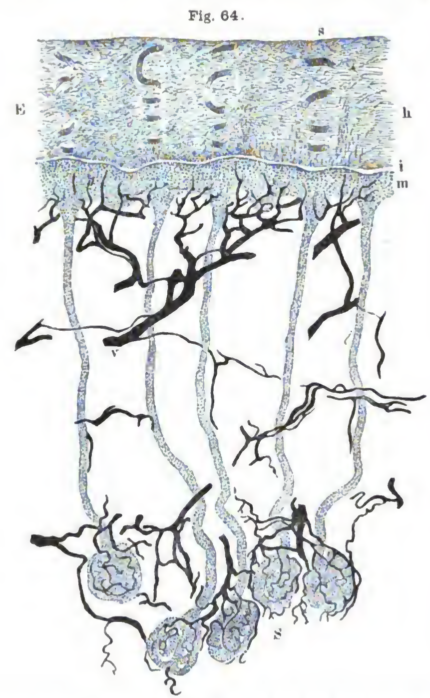
Lymphgefässe der Haut. Mit der Füllung der Blutgefässe dehnen sich die Papillenoberflächen aus, und in der Axe der Gefässpapillen erweitern sich spaltförmige Hohlräume, deren Wandungen von geschlossenen, unterhalb des Gipfels der Gefässschlingen blind und kolbig endigenden Lymphcapillaren (Fig. 63 *a*) eingenommen werden. In breiteren Papillen finden sich statt solcher Enden einfache schlingenförmige Umbiegungen der Lymphcapillaren in derselben Höhe, so dass stets die Blutcapillaren näher an der Oberfläche liegen. Sie sind nur im künstlich injicirten Zustande wahrzunehmen. Im Corium ist ein weitmaschiges oberflächliches und im Unterhautbindegewebe ein tieferes Lymphgefässnetz vorhanden, welches die Fettzellen-Gruppen, sowie die Schweissdrüsenknäuel ringförmig umgibt, ohne Aeste hineinzusenden. Beide Netze durchkreuzen das Blutgefässnetz, stehen untereinander in Communication; die stärkeren Lymphgefässe haben Andeutungen von Klappen.

Nerven der Haut s. Nervensystem.

Schweissdrüsen. Als Knaueldrüsen, *Glandulae glomiformes,* werden die eigentlichen Schweissdrüsen der Haut und die Ohrenschmalzdrüsen des äusseren Gehörganges (S. 116) zusammengefasst. Die *Schweissdrüsen*, Spiraldrüsen, Gl. sudoriparae s. Gl. cutis spirales, sind knauelförmige, aus einem einzigen zusammengewickelten, etwa 1,7 Mm.

langen tubulösen Drüsenkanale bestehende Drüsen, die im Unterhautbindegewebe zwischen dessen Fettläppchen eingebettet liegen. Sie stellen kuglige oder unregelmässig ellipsoidische Drüsenkörper (Fig. 64 *S*) dar, welche dem blossen Auge durch ihre gelbröthliche Farbe auffallen; sind durch Bindegewebe abgekapselt, sitzen hier und da mehr gruppenweise zu 3—4 zusammen, während sie auf Strecken von 0,6—1 Mm. fehlen können; meist jedoch, und namentlich an den Volar- und Plantarflächen, sind sie in mehr regelmässigen Abständen vereinzelt. Der Kanal besteht aus einer scheinbar structurlosen Membran, an welche sich nach aussen eine einfache oder doppelte Lage glatter Muskelfaserzellen anschliesst, noch weiter nach aussen folgt eine bindegewebige Adventitia, worin bei fettreichen Individuen auch Fettzellen liegen. Die Muskelfasern sind kurze spindelförmige Zellen, durch Salpetersäure isolirbar, deren Längsaxen und stäbchenförmige Kerne der Längsrichtung des Kanales parallel laufen. Nach innen sitzt auf der scheinbar structurlosen Membran, die sich durch Silberbehandlung aus polygonalen glatten kernlosen Schüppchen bestehend erweist, eine einfache Lage von kleinen niedrigen, leicht granulirten Cylinder-Epithelzellen, jede näher ihrer Basis mit einem rundlich-eiförmigen Kerne versehen. Dieses Epithel wird durch successive Behandlung der Haut mit 0,2%iger Chromsäure, Alkohol, an sehr feinen Durchschnitten mittelst Hämatoxylin, Nelkenöl, Canadabalsam dargestellt. Das Drüsenlumen ist rundlich, seltener abgeplattet-ellipsoidisch, enthält wässrige Flüssigkeit und einzelne Fettkörnchen, die sich in Osmiumsäure dunkel färben, was bei der Flüssigkeit nicht der Fall ist. Der von der Epidermis entferntere Theil des Drüsenkanales ist weiter: mit weitem cylindrischen Lumen, das von abgestossenen fetthaltigen Zellen und freien Fetttropfen erfüllt zu sein pflegt. Die Epithelzellen der Wandung sind mehr-cubische Platten-Epithelien; ebenso verhält sich das abgerundete blinde Ende des Kanales.

Fig. 64.



Senkrechter Durchschnitt der injicirten Haut der Vola digit. längs eines Riffes. Injection mit Berlinerblau. Hämatoxylin, Nelkenöl, Canada-Balsam. V. 70. *E* Epidermis. *h* Hornschicht. *i* Stratum intermedium. *m* Rete mucosum. *s* Spiralgänge der Schweissdrüsen in der Hornschicht. *S* Gruppe von Schweissdrüsenknäueln, von Blutgefässen umsponnen. *v* Rückkehrende Vene einer kleinen Gefässprovinz; von den Papillen sind nur ihre Gefässe theilweise sichtbar. Fettgewebe und Fasern der Cutis sind fortgelassen.

Der *Ausführungsgang der Schweissdrüse*, Canalis sudoriferus, durchsetzt fast senkrecht aufsteigend das Corium, mündet in die Epidermis und durchbohrt letztere in spiralförmigen Umgängen, welche stets rechtsgewunden sind.

Derselbe besteht im Corium aus einer dünnen Bindegewebslage, die in die Grenzschicht der Cutis übergeht, und einer doppelten Lage polygonalen Platten-Epithels; der Gang mündet auf den Riffen, wo solche vorhanden sind, aber stets zwischen zwei Papillen; an behaarten Körperstellen zwischen den Papillen, zuweilen auch mit einem Haarbalg zusammen. Im Rete mucosum wird derselbe nur von kernhaltigen, leicht abgeplatteten Zellen begrenzt; in der Hornschicht ringsum durch eine Schicht von drei bis vier kernlosen Hornschüppchen, die mit ihrer Flächenausdehnung seine Wandung bilden. Auf der Epidermis-Oberfläche erscheint an den Volar- und Plantarflächen ein rundliches, dem freien Auge sichtbares Pünktchen, *Schweisspore*, dessen Lichtung trichterförmig ist; an den übrigen Hautstellen zeigt die Mündung keine merkliche Erweiterung. Das Lumen des Ganges bildet auf dem Querschnitt in der Hornschicht eine gerade oder S-förmige Spalte, in der Schleimschicht erscheint es als öfters lancettförmige oder leicht gebogene glänzende Spalte oder sternförmig mit drei Ausläufern, und im Corium von elliptischer Gestalt. Die Länge des Ausführungsganges richtet sich nach der Dicke der Epidermis und variirt zwischen 0,6 (Augenlider) und 4' Mm. (Fusssohle); die Anzahl seiner Windungen beträgt 1 (Gesicht) bis 7—9 (Handteller) bis 12 (Fusssohle).

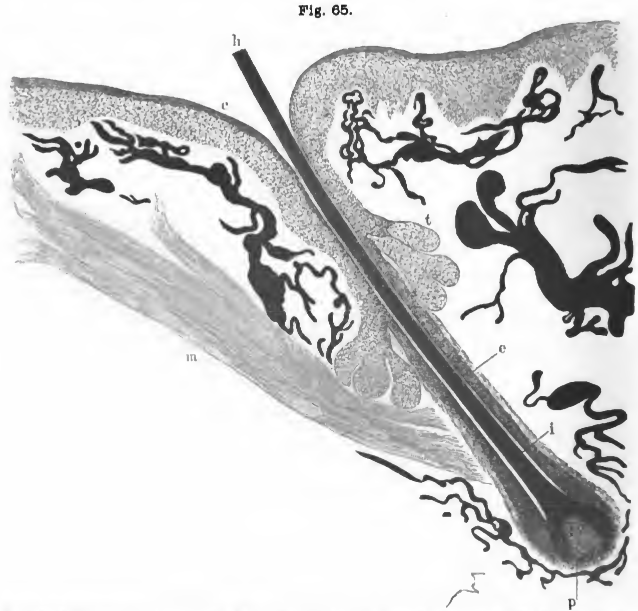
Man vermuthete früher (2. Aufl., S. 121), die Schweissdrüsen sonderten ein dünnflüssiges fettiges Secret ab; C. Krause (1844) zeigte jedoch, dass die Hornschicht der Epidermis, und zwar nicht etwa die der Plantar- und Volarflächen, sondern sogar die dünne Schicht des Fussrückens für tropfbare Flüssigkeiten impermeabel ist. Daraus folgt die Unmöglichkeit einer Resorption in Wasser gelöster Körper bei irgend welchen Bädern durch die eigentliche Haut, während deren Epidermis allerdings für gasförmige Körper, speciell für Wassergas durchgängig ist, worauf die Perspiratio cutanea insensibilis beruht. Schwitzende Hautstellen hinterlassen an aufgedrückten Glasplatten wässrige Tropfen, entsprechend der Gestalt und Anordnung der Schweissporen, welche nach ihrer Verdunstung microscopische Krystalle von Chlornatrium in Würfeln oder Gruppen solcher von Farrnkraut-ähnlichem Typus zurücklassen, ausserdem auch einzelne Fetttröpfchen. Die Schweissdrüssen liefern also den tropfbar flüssigen Schweiss; findet dessen Absonderung aber nicht statt, wie häufig im Winter, so führt der ausgedrückte Tropfen wesentlich microscopisches Fett in flüssiger Form. Chemisch wurde dasselbe bereits von C. Krause (1844) im Schweiss nachgewiesen. Hingegen Eichstedt (1852) und Meissner (1856) behaupteten, der Schweiss werde von den Gefässschlingen der Papillen geliefert. — Am Neger sind die Zellen der Ausführungsgänge in der Tiefe pigmentirt. — Bei Säugethieren kommen einfachere Formen der Knaueldrüsen vor. Rind und Ziege besitzen am unteren medialen Cornealrand 6—8 Knaueldrüsen (Meissner 1859), die aus weniger zahlreichen Windungen bestehen und auf der Conjunctiva mit einem kolbig endigenden Ausführungsgange sich öffnen. In seltenen Fällen münden zwei derselben gemeinschaftlich (Zwillingsdrüsen, W. Krause, 1861), was bei den Schweissdrüsen der menschlichen Haut in ca. 5% vorkommt (C. Krause, 1844). An den Sohlenflächen von Hunden und Katzen führen die Lumina der Knaueldrüsen-Ausführungsgänge flüssiges, in Osmiumsäure sich schwärzendes Fett; gleichfalls besteht die gelbbräunliche Drüsenmasse im Schwanz des Edelhirsches aus grossen Knaueldrüsen, die jedoch wässriges Secret liefern. Die Fledermäuse haben einfache Schläuche, einer bauchigen Flasche vergleichbar, mit längsgestellten glatten Muskelfasern, deren dünnerer Hals in einen Haarbalg einmündet; jedes Haar hat eine solche Drüse. Ihr Epithel ist ein einschichtiges Cylinder-Epithel; die Zellen sollen öfters zwei Kerne haben (Redtel, 1873), während Gay (1871) in den Circumanaldrüsen des Menschen ebensolches Epithel mit tiefsitzendem Kerne fand. Manche Thiere, die niemals schwitzen, wie die kleineren Nager, haben keine Schweissdrüsen: mit Ausnahme jedoch eines Drüsenpaquets der Inguinalgegend beim Kaninchen etc., die ein stark riechendes Secret liefern. — Glatte Muskelfasern wurden an vielen Schweissdrüsen des Menschen von Kölliker (1847) nachgewiesen; ihr constantes Vorkommen zeigte W. Krause (1873); am gerade verlaufenden Theil der Kanäle beschrieb sie schon Henle (1815).

Die Schweissdrüsen der Achselhöhle des Menschen sind ihrer grössten Zahl nach 3—4mal grösser als die gewöhnlichen; sie besitzen eine dicke glatte Muskellage; ihre Drüsenzellen führen bräunliche Fettkörnchen und oft grössere gelbe Fetttropfen: erstere finden sich auch im Secret. Der Kanal ist etwa dreimal weiter, als bei gewöhnlichen Schweissdrüsen, die einzeln auch zwischen den grossen Achseldrüsen sitzen — nicht aber der Ausführungsgang. — Die Circumanaldrüsen bilden in ca. 15 Mm. Abstand vom Anus einen ovalen Ring von derselben Breite, sind ebenfalls etwa dreimal so gross als die gewöhnlichen Schweissdrüsen; ihre Muscularis und Adventitia sind stark entwickelt. — Die Schweissdrüsen der Augenlider münden an deren freiem Rande in die Haarbälge der Cilien, sind langgestreckt, korkzieherförmig, ohne Knäuel zu bilden, besitzen Cylinder-Epithel sowie Muskelfasern und führen sparsamere gelbbräunliche Fettkörnchen. — An pigmentirten Hautstellen sind die Zellen der Schweissdrüsen-Ausführungsgänge bis in das Corium hinein lebhaft pigmentirt. — Die *Blutgefässe* (Fig. 64) der Schweissdrüsen umgeben und durchziehen mit polygonalen Maschen den Drüsenkörper und umspinnen die einzelnen Windungen des Kanals. Grössere Drüsen besitzen eine kleine Arterie; der Ausführungsgang hat gewöhnlich keine eigenen Gefässe, empfängt jedoch öfters Blut aus einer arteriellen Capillare, die rückläufig von einer Arterie des Papillarkörpers sich abzweigt. — *Lymphgefässe* s. S. 105. — *Nerven* wurden an den Schweissdrüsen noch nicht constatirt, obgleich solche wegen der Muskelhülle vorhanden sein müssen.

Die **Haare,** Pili s. Crines, sind dünne, aber verhältnissmässig sehr starke solide Hornfäden, welche die ganze Oberfläche des Körpers, mit Ausnahme weniger Stellen, bedecken. Sie stehen an dem grössten Theile der Haut und auch am behaarten Kopfe zu kleinen Gruppen von zwei bis fünf zusammen, am häufigsten paarweise; dazwischen finden sich auch einzelstehende, die meist etwas kleiner sind. Man unterscheidet den frei über die Haut hervorragenden Haarschaft und die in der Haut, resp. in dem Haarbalge verborgene Haarwurzel (Fig. 65).

Der **Haarbalg,** Folliculus pili, Haartasche, ist ein länglich flaschenförmiges, häutiges Säckchen, etwas länger und weiter als die Haarwurzel, die allseitig davon umgeben wird. An seinem oberen Ende ist der Haarbalg trichterförmig und unterhalb dieser Erweiterung ein wenig verengert: *Hals* des Haarbalges. Sein unterster Theil krümmt sich häufig etwas spiralig, biegt auch wohl seitlich sich um, und endigt mit geschlossenem *Fundus*, dem Grunde, Boden oder Gewölbe des Haarbalges. Letzterer reicht bei grösseren Haaren in das Unterhautbindegewebe hinein und steckt mit seinem mittleren Theile und engerem Halse in der Substanz des Corium: die kleineren Haarbälge sitzen ihrer ganzen Länge nach in demselben und haben einen kürzeren Hals. Der Haarbalg besteht aus der Membran des Haarbalges, der äusseren und inneren Wurzelscheide. Die Membran zeigt als

Fig. 65.

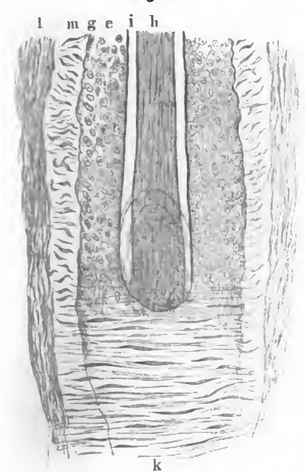


Senkrechter Durchschnitt durch injicirte Kopfhaut. V. 50. *h* schwarzes Haar aussen abgeschnitten, innen mit der Haarzwiebel aufhörend, in welcher die Haarpapille *p* durchschimmert. *e* äussere Wurzelscheide. *i* innere Wurzelscheide. *t* Talgdrüse. *m* M. arrector pili. c Hornschicht der Epidermis sich einstülpend.

innerste Schicht die *Glashaut,* nämlich ein glashelles Häutchen, das sich von der Cutisoberfläche her als Fortsetzung des Papillensaumes einstülpt, in Säuren, Alkalien etc. unverändert bleibt, mit Silber seine Zusammensetzung aus polygonalen kernlosen Zellen erkennen lässt, und in seiner Innenwand zahlreiche längslaufende feinste elastische Fasern besitzt. — Die *mittlere Schicht* oder innere Faserhaut der Haarbalgmembran beginnt am Halse des Haarbalges als Fortsetzung der eingestülpten Cutis und bildet eine stärkere bindegewebig-elastische Hülle, die in querer Richtung gestreift und mit mehrfachen Lagen von quergestellten, stäbchenförmigen oder an den Enden zugespitzten Kernen durchsetzt ist. Sie gleichen zwar den Kernen glatter Muskelfasern (Fig. 66 *k*); es kann jedoch die mittlere Schicht nicht in solche zerlegt werden. — Die *äussere Schicht,* äussere Faserhaut,

wird als Adventitia des Haarbalgs bezeichnet; sie besteht aus netzförmig angeordneten Bindegewebsbündeln mit zahlreichen elastischen Fasern, und ist etwa halb so dick oder ebenso dick als die mittlere Schicht. — Am Fundus des Haarbalges befindet sich eine, den Cutispapillen homologe, aber grössere, eiförmige, pilzförmige oder zwiebelförmige, nach der Cutisoberfläche hin im letzteren Falle spitz zulaufende Papille, die *Haarpapille*, Papilla pili. Dieselbe sitzt auf einem dünneren Stiel, mit welchem die Glashaut des Haarbalges zusammenhängt, besteht aus sehr festem, undeutlich fasrigem Bindegewebe mit sparsamen Inoblasten. Am leichtesten ist ihre Form durch Entfernung des Haares und der Wurzelscheiden nach Maceration der Haut in 2 %iger Essigsäure zu ermitteln. Ihre Länge ist beträchtlicher an dickeren Haaren, an den Barthaaren grösser als an den Kopfhaaren; an letzteren ihre Länge doppelt so gross als die Breite. Wo sie dem Fundus aufsitzt, hängt ein stärkerer oder feinerer, aus dem Unterhautbindegewebe aufsteigender Bindegewebsstrang, Haarstengel, mit der äusseren und mittleren Schicht der Haarbalgmembran zusammen.

Fig. 66.

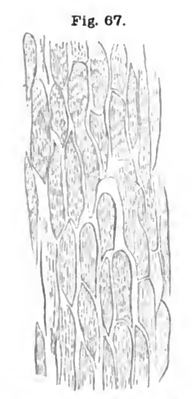


Haar in seinem Haarbalg; Carmin, Essigsäure, Canadabalsam. V. 200. *h* Haar. *i* innere Wurzelscheide. *e* äussere Wurzelscheide, deren äusserste Zellen schräg zur Axe des Haares gestellte Kerne zeigen. *g* Glashaut und *m* mittlere Lage der Membran des Haarbalges auf dem optischen Durchschnitt. *k* Kerne auf der Flächenansicht der letzteren. *l* Längsfasern und Kerne der äusseren Lage der Haarbalgmembran. Das Haar nebst Wurzelscheiden sind schräg durchschnitten.

Auf die Glashaut folgt nach innen die äussere Wurzelscheide, eine Einstülpung des Rete mucosum der Epidermis, deren untere Lage vermöge dieser Einstülpung zur äusseren wird. Sie besteht aus 6—12 Lagen von kleinen polyedrischen Zellen, deren äusserste Lage senkrecht auf die Glashaut verlängert, mehr cylindrisch und in letzterer mit Fussplatten eingezahnt ist. Die Zellen selbst und ihre Verzahnung, sowie ihre Kerne verhalten sich wie die des Rete; das Zellenprotoplasma ist körnig und an pigmentirten Hautstellen, namentlich in dem nach der Epidermis hin gelegenen Theile, mit Farbstoffkörnchen versehen. Nach innen platten sich Zellen und ihre ovalen Kerne mehr ab. Die tieferen Schichten werden von Leukoblasten durchwandert (S. 104).

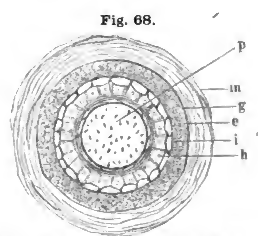
Die innere Wurzelscheide ist die Fortsetzung der sich einstülpenden Epidermis-Hornschicht, ihre Dicke beträgt nur $^1/_5 - ^1/_3$ von der der äusseren Wurzelscheide. Im frischen Zustande ist sie glashell, stark lichtbrechend, zart längsgestreift auf Längsdurchschnitten, resistent gegen concentrirte Mineralsäuren und Alkalien, die ihre Zusammensetzung aus Zellen erkennen lassen. Sie besteht aus drei Schichten, deren jede von einer einfachen Zellenlage gebildet wird. Die *äussere* oder Henle'sche *Schicht* (Fig. 67) ist aus länglich polygonalen, platten, nach innen leicht convexen, kernlosen Zellen zusammengesetzt, deren Längsaxe parallel der Längsrichtung des Haarbalges gerichtet ist. Ihre schmalen Seiten sind unregelmässig abgeschrägt oder laufen in zwei bis drei Zacken aus; durch Maceration in 25 %iger Chlorwasserstoffsäure sind sie isolirbar. An ausgerissenen Haaren erscheint diese Schicht als eine zusammenhängende, durch Längsspalten gefensterte structurlose Membran, weil bei Abflachung ihrer Wölbung durch Druck des Deckglases etc. die Zellenwände auseinander weichen. — Die *mittlere* oder Huxley'sche *Schicht* (Fig. 68 *h*) wird von einer einfachen Lage polyedrischer kleinerer, aber dickerer kernhaltiger Zellen zusammengesetzt, deren verhorntes Protoplasma ebenfalls homogen erscheint. Sie färbt sich roth durch Carmin, während bei gleichzeitiger Pikrinsäure-Behandlung die äussere Schicht gelb und dadurch sehr hervorstechend wird, dass die Zellen der äusseren Wurzelscheide, resp. ihre Kerne, sich mit Carmin roth imbibiren lassen. Nach der Haarpapille hin und in deren Höhe werden die Zellen der mittleren Lage niedriger. — Die *innere Schicht* der inneren Wurzelscheide oder deren Oberhäutchen wird von einer einfachen Lage kernloser,

Fig. 67.



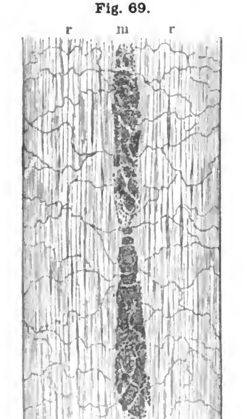
Aeussere Lage der inneren Wurzelscheide in der Flächenansicht nach Maceration in 25 %iger Chlorwasserstoffsäure. Die Zellen sind durch Druck auseinander gewichen. V. 600.

Fig. 68.



Querschnitt eines Haares nebst Haarbalg vom Meerschweinchen mit 0,5 % Goldchlorid. Essigsäure, Alkohol, Glycerin. V. 400. *m* Membran des Haarbalges. *g* Glasmembran desselben. *e* äussere Wurzelscheide. *i* äussere Lage der inneren Wurzelscheide. *h* radiär gestellte Zellen der mittleren Schicht. *p* Haar mit dunklen Fett- resp. Pigmentkörnchen. Zwischen dem Haar das keinen Markkanal besitzt und den Zellen der mittleren Schicht liegen noch die Durchschnitte der platten Zellen der Cuticula des Haares und nach aussen von letzterer diejenigen der inneren Schicht der inneren Wurzelscheide.

Fig. 69.



Weisses Kopfhaar mit Glycerin. V. 800. *m* Zellen der Marksubstanz, mit Luft gefüllt, daher dunkel und körnig. *r* Rindensubstanz, die länglichen Spalten sind Hohlräume zwischen den Rindenzellen. Beide Substanzen werden von den quergestellten Zellen des Oberhäutchens überkleidet.

länglich-polygonaler quergestellter Zellen gebildet, die wie Dachziegel übereinander greifen; ihre hervorstehenden Kanten sind gegen den Grund des Haarbalges gerichtet.

Im **Halse** des Haarbalges hören die eigenthümlichen Zellen der inneren Wurzelscheide auf, während gewöhnliche Zellen der Hornschicht sich daranschliessen: die innere Wurzelscheide endigt mit einem in der Profilansicht zugeschärften, in der Flächenansicht gezackten Rande, wobei die Zellen der äusseren Lage sich am weitesten erstrecken. Die äussere Wurzelscheide dagegen setzt sich continuirlich in das Rete mucosum fort; jedoch vermindert sich die Anzahl der geschichteten Zellen, und ihre innersten, dem Haare zugekehrten Zellen nehmen die Charaktere der Epidermis-Hornschüppchen an. — **An der Haarpapille** nimmt die Dicke der äusseren Wurzelscheide auf drei bis vier Zellenlagen ab; die Zellen der äusseren Lage der inneren Wurzelscheide hören auf; die der mittleren gehen in etwas grössere helle, kernhaltige Zellen über, die sich an rundliche, die Papille in mehrfacher Schicht überkleidende Zellen anschliessen. Die Zellen der inneren Lage setzen sich in wenig resistente, mit länglichen Kernen versehene polyedrische Zellen fort, deren Längsaxe zur Längsaxe des Haares quergestellt ist.

Das **Haar** selbst hat in der nach aussen gerichteten Hälfte seiner Wurzel denselben Bau, wie im Haarschaft. An letzterem sind die Rindensubstanz, Marksubstanz und das Oberhäutchen zu unterscheiden.

Die *Rindensubstanz* (Fig. 69 *r*) bildet die Hauptmasse des Haarschafts, ist bräunlich in schwarzen und braunen, gelblich oder gelbröthlich in blonden oder rothen, farblos in weissen Haaren. Die Rinde wird wesentlich aus spindelförmigen, sehr fest mit einander verkitteten,

dünnen und platten *Rindenzellen* zusammengesetzt, deren Längsdimension derjenigen des Haares entspricht. Durch sehr lange Einwirkung von Ammoniak, bequemer mittelst concentrirter Schwefelsäure in der Wärme werden diese Zellen isolirt, und im letzteren Falle ein bei dunkeln Haaren röthlichbraunes, bei hellen fast farbloses Fett in Tropfen ausgeschieden, dem die verschiedene Haarfarbe hauptsächlich ihre Entstehung verdankt. Die Rindenzellen besitzen einen schlanken, sehr dünnen, beiderseits zugespitzten Kern. Zwischen den Zellen liegen kleine längliche, mit Luft gefüllte Zwischenräume, ferner dunkelfarbiges oder farbloses Fett in Körnchen, resp. Tröpfchen. Der feste Zusammenhalt der Rindenzellen wird durch zarte Längsriffe unterstützt, die in schräger Richtung an den Zellen verlaufen. Ihre schmalen Enden sind öfters gezackt.

Die *Markşubstanz* bildet einen bei durchfallendem Licht dunkeln, bei auffallendem weisslichen Markkanal, der sich in der Axe des Haares erstreckt. Derselbe ist jedoch nur an weissen farblosen Haaren auf der Längsansicht sichtbar; sein Querschnitt ist ziemlich kreisförmig. Die Marksubstanz fehlt ganz in Wollhaaren, ferner oft streckenweise in farbigen Haaren und besonders nach deren natürlichem Ende hin. Sie besteht aus rundlich polygonalen, kernhaltigen, grösstentheils mit Luft gefüllten *Markzellen,* und diese Luft ist es, deren vom Rindengewebe verschiedener Brechungsindex an pigmentlosen ergrauten Haaren die weissliche, eventuell rein weisse Färbung bedingt, indem diffuses Licht weisslich zurückgeworfen wird. Die Markzellen sind zu einer Säule angeordnet, die aus einer oder mehreren Zellenreihen bestehen kann.

Das *Oberhäutchen,* Cuticula des Haares, hat nur eine einzige Lage stets farbloser, länglich polygonaler, verhornter, kernhaltiger, mit ihrer Längsaxe quergestellter und wie Dachziegel übereinander greifender Zellen, deren überragende Kanten gegen die innere Wurzelscheide, an der Haarwurzel nach der Epidermis-Oberfläche gerichtet sind. Sie fügen sich somit zwischen die Zellenkanten der inneren Schicht der inneren Wurzelscheide ein. Durch längere Einwirkung verdünnter Alkalien sind sie isolirbar.

Nach der Haarpapille hin ändert die Haarwurzel ihre Beschaffenheit. Die Zellen der Rindensubstanz werden breiter, weicher, leichter isolirbar, weniger resistent gegen Reagentien; ihre stäbchenförmigen Kerne schon durch Essigsäure sichtbar. Die Zellen des Markkanals sind hier mit Flüssigkeit gefüllt. In der Umgebung der Papille verdickt sich die Haarwurzel zu einer kolbigen, inwendig hohlen Anschwellung, der *Haarzwiebel,* Bulbus pili, Haarknopf, in welche die Haarpapille eintaucht. Die Haarzwiebel besteht aus hellen oder bei dunkeln Haaren aus pigmentirten, rundlichen, kernhaltigen Zellen, in welche schliesslich alle verschiedenen Zellen der Wurzelscheiden, sowie des Haares selbst, übergehen (resp. sich aus ersteren beim Wachsthum des Haares hervorbilden), indem Unterschiede an diesen jüngsten Zellen, dem *Keimlager des Haares,* Blastema pili, unter einander nicht zu erkennen sind. Die der Haarpapille unmittelbar aufsitzenden verhalten sich wie die der äussersten Lage der äusseren Wurzelscheide; die Zellen des Oberhäutchens und der inneren Schicht der inneren Wurzelscheide lassen sich am weitesten und bis gegen den Stiel der Haarpapille hin verfolgen; unter einander stimmen sie überein, nur dass die der Cuticula etwas grösser sind. Die kolbige Anschwellung, welche das geschlossene Ende des Haarbalges darbietet, wird mithin von der Haarpapille, dem Keimlager, der Haarzwiebel und den an Dicke erheblich verminderten Zellenlagern der beiden Wurzelscheiden ausgefüllt.

Reisst man ein Haar aus, so folgen die beiden Wurzelscheiden mit, die Haarzwiebel aber meistens nicht. Die weicheren Zellen des Oberhäutchens haften nach Abstreifung der Wurzelscheiden häufig am unteren Theile der Haarwurzel, sind umgeklappt oder umgerollt, und ihre auswärts gerichteten Kanten können spiraligen Fasern gleichen, die das Haar zu umspinnen scheinen. — Henle (1841) hielt anfangs seine Schicht (S. 109) für eine structurlose gefensterte Membran, während C. Krause (1844) und Kohlrausch ihre Zusammensetzung aus Zellen darthaten. — An dem Haarschaft haften häufig äusserlich Fetttröpfchen der Hautabsonderung etc., abgelöste Epidermisschuppen der Haut, wie es scheint auch Fragmente der äusseren Schicht der inneren Wurzelscheide. — Beim Wachsthum des Haares schiebt sich dasselbe in der sehr feinen Spalte zwischen Oberhäutchen und innerer Schicht der inneren Wurzelscheide weiter; nach bestimmter Lebensdauer hebt es sich von der Papille ab. Die Haarzwiebel ist nämlich bei Haaren, die sich von ihrer Papille getrennt haben oder zu trennen im Begriff stehen, solide geworden, indem der bis dahin von der Haarpapille ausgefüllte Raum von Rindensubstanz eingenommen wird. Diese geschlossene Form der Haarzwiebel, Haarkolben, ist an ihrem unteren, dem Boden des Balges zugekehrten Ende zugespitzt, kegelförmig, bei Säugethieren auch abgestumpft und in zahlreiche glänzende Fasern und Balken aufgeblättert, welche besenartig divergiren und aus Bündeln der spindelförmigen Rindenzellen bestehen. Zwischen der ersteren und der Papille findet man bei sich ablösenden Haaren eine dichte Masse neugebildeter rundlicher, bei dunkeln Haaren anfangs pigmenthaltiger Zellen. Das Haar wird von denselben gehoben, sowie später durch ein junges, von der Papille aus, die einen dünnen Fortsatz in die Marksubstanz des Haares hineinsenden kann, nachwachsendes zur Seite gedrängt und fällt schliesslich aus. Im Anfange dieses in seinen verschiedenen Stadien häufig zu beobachtenden, bei manchen Thieren periodisch wiederkehrenden, beim Menschen fortwährend an einzelnen Haaren stattfindenden Processes befindet sich ein zellenhaltiger Fortsatz am untersten Theile des Haarbalges: der contrahirte, die Haarpapille und derselben aufsitzende junge Zellen enthaltende Fundus des Haarbalges. Die Contraction ist Folge der elastischen Kräfte, welche der mittleren Lage des Haarbalges eigen sind und ohne Zweifel das Wachsthum des lebenden Haares über die Epidermisoberfläche, sowie das Ausfallen des abgestorbenen bedingen. Nach dem Gesagten ist das Haar ausschliesslich ein Epidermoidalgebilde: ein von der Haarpapille sich erhebender Zellenstrang, und dasselbe gilt von den Stacheln der stacheltragenden Säugethiere, bei welchen die lufthaltige Beschaffenheit ihrer Marksubstanz schon macroscopisch erkannt wird: ebenso wie im Kiel der Vogelfedern. Relativ beträchtlich ist der Luftgehalt auch in den Haaren der Nager etc., mit dünner Rindensubstanz, deren Markkanal relativ sehr weit, durch die ganze Länge der Haarzwiebel sich erstreckend, mit lufthaltigen Zellen gefüllt erscheint, welche in regelmässigen Abständen geordnet eine

* Interessante Bemerkungen über die Luftbläschen des Haares und das plötzliche Ergrauen der Haupthaare finden sich in einem Aufsatze von L. Landois, Virch. Arch. Bd. 35. p. 575, 1866.

Art Querstreifung hervorrufen, weil die aneinanderstossenden verhornten Grenzschichten von je zwei der Länge nach auf einander folgenden Markzellen das Licht bedeutend stärker brechen, als die durch Flüssigkeiten, Terpenthinöl etc. austreibbare Luft.

Die Spürhaare*) der Säugethiere zeichnen sich durch stärkere Entwicklung des ganzen Haares und Haarbalges aus. Letzterer besteht aus einer äusseren und inneren Lamelle. Die äussere ist längsfasrig, die innere viel dünnere trägt auf ihrer Innenfläche die Zellen der äusseren Wurzelscheide; sie setzt sich nach unten in die Papille fort, nach oben verschmilzt sie am oberen Rande des gleich zu erwähnenden Sinus mit der äusseren. Zwischen beiden Lamellen befindet sich ein von Faserbalken durchzogenes cavernöses Gewebe, dessen Maschen von Blutgefässen, namentlich Capillaren eingenommen werden. Im oberen Theile liegt ein ringförmiger venöser Sinus, aus welchem die abführenden Venen hervorgehen. Die Arterien treten von allen Seiten an die äussere Lamelle, dieselbe durchbohrend, hauptsächlich jedoch vom Grunde heraus in die lange, zwiebelförmige, d. h. nach oben fadenförmig ausgezogene Papille. Oberhalb des Sinus liegen die Talgdrüsen in die hier ausschliesslich längsfasrige Substanz des Haarbalges selbst eingesenkt. Eine eigenthümliche, in der Längsrichtung des Haarbalges sich ausdehnende schildförmige Zellenmasse (Zellenkörper), aus netzförmigen Bindegewebsfasern und polygonalen Zellen bestehend, ist innerhalb des Sinus mit concaver Fläche der inneren Lamelle aufgelagert. Sie erscheint auf dem Querschnitt halbmondförmig, ist nach aussen convex und länger, als breit.

Die **Talgdrüsen,** Gl. sebaceae, Haarbalgdrüsen, sind acinöse Drüsen von sehr einfacher Form. Ihr Ausführungsgang mündet in den Hals des Haarbalges an den Körperstellen, wo sie mit Haaren zusammen vorkommen, dagegen frei auf der Hautoberfläche, wo dies nicht der Fall (S. Bd. II). Ihre Drüsenkörper liegen nahe unterhalb des Haarbalgbalses, und also viel oberflächlicher, als die Schweissdrüsen. Meist gehen von dem Ausführungsgange nach sehr kurzem Verlaufe einige kurze Aeste aus, deren jeder in einem kolbenförmigen Acinus endigt, oder es sitzen drei bis fünf Drüsenbläschen an jedem solchen Ast. Die Acini sind mit wandständigen, rundlich-, resp länglich-polyedrischen Zellen in mehrfacher Schicht ausgekleidet. Die Zellen enthalten in ihrem Centrum einen eiförmigen Kern; ihr Inhalt besteht wesentlich aus kleineren und grösseren Fetttröpfchen, zwischen denen das eiweissartige Zellenprotoplasma auf dünne Septa reducirt ist; es umgibt jedoch auch den ganzen Fettkörnchen-Haufen incl. Kern als dünne, durchsichtige, peripherische Schicht. Die Lumina der Acini werden von zerfallenden Zellen und freiem Fett ausgefüllt; in den Ausführungsgängen häuft sich dasselbe gegen den Haarbalg hin häufig zu einem soliden und homogenen, zähflüssigen Fettcylinder an. Die Epithelien setzen sich in die der äusseren Wurzelscheide fort; das Lumen des Ausführungsganges durchbohrt die letztere, während die innere Wurzelscheide unterhalb der Einmündung aufhört. Zwischen der Einmündungsstelle der Ausführungsgänge und der freien Epidermisoberfläche findet sich ebenfalls das secernirte Fett nebst abgelösten Zellen der inneren Wurzelscheide, sowie der Hornschicht der Epidermis der Haarbalg-Mündung, und klebt in einzelnen Tröpfchen auch dem Haarschaft an. Alle diese Fett-Anhäufungen sind in Säuren und Alkalien unter dem Microscop resistent, dunkel im durchfallenden, weiss bei auffallendem Licht, schwärzen sich durch Osmiumsäure oder Goldchlorid. Durch successive Behandlung mit Alkohol, Hämatoxylin, Nelkenöl, Canadabalsam erblasst das Fett; die Kerne der Talgdrüsen-Epithelien färben sich blau, schrumpfen und werden eckig; die protoplasmatischen Septa zwischen den Fettzellen erscheinen auf dem optischen Durchschnitt als radiäre Streifen, welche den Zellen-Inhalt in 4—6 Abtheilungen bringen. So entsteht ein zierliches und bei richtiger Deutung instructives Bild. Die Acini und Ausführungsgänge werden von einer scheinbar structurlosen Membran, welche dieselben Silberzeichnungen, wie die der Schweissdrüsen (S. 106) darbietet, nebst bindegewebiger Adventitia gebildet, die beide continuirlich in die Membran des zugehörigen Haarbalges, wo ein solcher vorhanden ist, oder sonst in die äussere Grenzschicht des Corium übergehen.

Die stärkeren Haare sind stets von einer Anzahl: drei bis sechs Talgdrüsen kranzförmig umgeben, obgleich auf senkrechten Durchschnitten der Haut natürlicherweise stets nur zwei Drüsen sichtbar sind (Fig. 65). An den Kopfhaaren ist ihre Grösse und Anzahl geringer, als an den Haaren des Bartes, der Achselhöhlen, der Brusthaut etc. Relativ gross sind die Talgdrüsen der Wollhaare, und oft überwiegt der in der Ausführungsmündung des Haarbalgs stagnirende Fettcylinder die Dicke des Haares so sehr, dass des letzteren Haarbalg wie ein Anhang einer grossen Talgdrüse sich ausnimmt. Sehr entwickelt und mit im rechten Winkel seitlich aufgesetzten Acini versehen sind die Talgdrüsen der Labia majora und minora; ferner sind stark entwickelt diejenigen des Warzenhofes, Scrotum, der Caruncula lacrymalis, des rothen Lippenrandes, der Nase und der Ohrmuschel. Die Haarbälge der Cilien, Augenbrauen und Nasenöffnung haben dagegen kleinere und einfachere Drüsen; erstere bieten deren vier bis fünf dar; einfach schlauchförmige, von kurzer gedrungener Gestalt sitzen ohne Haarbälge zwischen den übrigen, an der Nase oder an haarlosen Körperstellen, wie am Penis. Die Anzahl der Acini der zu einem Haar gehörigen Drüsengruppe kann bis zu 20 betragen.

Die Blutgefässe der Haare und Talgdrüsen anastomosiren mit denen der benachbarten Cutis. Längslaufend durchziehen ihre Capillaren die Adventitia des Haarbalges und bilden in der mittleren Schicht der Haarbalgmembran quergestellte längliche Maschen. Die Talgdrüsen werden im Ganzen von Blutgefässen umsponnen, die nicht zwischen ihre Acini eindringen (Fig. 65). Die Haarpapille erhält eine arterielle Capillare und eine kleine

*) Gegenbaur, Zeitschrift f. wissensch. Zoologie Bd. III. 1851,
Leydig, Müller's Arch. 1859.
Odenius, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 2.
Schöbl, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 8, S. 274, u. S. 644 und Bd. 9, S. 197, 1873.

Vene, die innerhalb derselben ein zierliches Schlingenmaschennetz, ungefähr wie in einer Gelenkzotte (S. 78, Fig. 42), bilden; erstere stammt gewöhnlich gesondert aus der Tiefe des Unterhautbindegewebes, während das venöse Blut in die übrigen Venennetze des Haarbalges abfliesst. — Die Lymphgefässe umgeben als Capillaren in weitmaschigem Kranze die Haarbälge und Talgdrüsen, auch ringförmig den Hals des Haarbalges. — Ueber die Nerven s. Auge (Meibom'sche Drüsen).

Muskeln der Haut. Quergestreifte Muskelfasern erstrecken sich von den Ausläufern einiger Gesichtsmuskeln (Bd. II) mit einzelnen, schräg verlaufenden Muskelfasern bis zum Corium, an welches sie sich durch Bindegewebe inseriren.

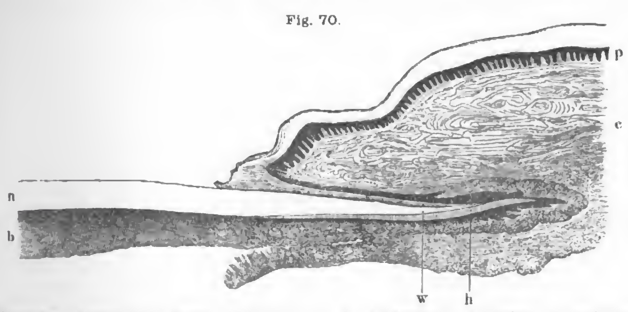
Mm. arrectores pilorum, Haarbalgmuskeln, Anfrichter der Haare, Gänsehautmuskeln, sind aus glatten Muskelfasern bestehende, von Gefässen und zahlreichen feinen elastischen Fasern durchzogene Muskelbündel. Sie entspringen mit abgerundeten oder getheilten Enden, die in eine elastisch-fibröse, sehnenartige Verlängerung übergehen, von der Innenfläche des Corium; laufen schräg absteigend, dicht unterhalb der Talgdrüsen zum oberen Theile des unteren Drittels des Haarbalges und inseriren sich in dessen Adventitia (Fig. 65 *m*). Stets sind sie so angeordnet, dass sie als einfacher Strang in dem stumpfen Winkel liegen, welchen der schief gegen das Corium gestreckte Haarbalg mit letzterer bildet, so dass durch Contraction des Muskels nicht nur die Talgdrüsen comprimirt und entleert, sondern auch die Haare aufgerichtet, gesträubt, mehr senkrecht zur Cutisoberfläche gestellt werden. Ihre Contraction bewirkt die Gänsehaut durch Anpressung des Haarbalges etc. gegen die Cutis. Der Querschnitt ist seltener rundlich oder polygonal, meist länglich-oval, und nach unten werden sie zu concav-convexen Platten, die mit musculösen Ausläufern eine der kleinen Haargruppen, wo solche vorhanden sind, seitlich umfassen. Manche Ausläufer reichen tiefer in das Unterhautbindegewebe, andere erstrecken sich mehr horizontal an den Schweissdrüsen vorbei. Namentlich in der behaarten Kopfhaut, an der Vorderfläche des Oberschenkels, auch in der Achselhöhle mitunter, kommen solche Bündel vor; an den Beugeflächen der Extremitäten sind sie schwächer entwickelt, als an den Streckseiten. Man sieht die Mm. arrectores am besten mit Hämatoxylin oder bei Doppelfärbungen mit Carmin und Pikrinsäure, wobei ihre Muskelkerne sich roth hervorheben. — Ihre Nerven sind nicht bekannt.

Eigene Muskeln besitzt die Haut des Hodensackes, Penis und der Areola mammae (S. Geschlechtsorgane); ferner liegen netzförmig angeordnete Bündel im vorderen Theile des Perinäum. Die Haut der Volar- und Plantarflächen hat keine Muskelfasern.

Die **Nägel**, *Ungues*, sind Epidermoidalgebilde, an denen Nagelkörper und Nagelwurzel einen verschiedenen Bau darbieten.

Der Nagelkörper (Fig. 70 *n*) besteht aus sich deckenden, nicht scharf geschiedenen Blättern, die dem quer auf seine Längsaxe und Oberfläche geführten Durchschnitt

Fig. 70.



Senkrechter Längsschnitt des Nagels und Nagelbetts. V. 15. *n* Nagelkörper. *b* Nagelbett. *w* Nagelwurzel. *c* Cutis. *p* Papillen des Fingerrückens, das Rete mucosum ist dunkel durch Hämatoxylin, ebenso auf den unregelmässigen Papillen des Nagelfalzes. *h* Hornschicht der Epidermis der Nagelmutter.

ein streifiges Ansehen geben. Sie decken sich dachziegelförmig so, dass der der Finger- oder Zehenspitze nähere Rand jedes Blattes den bedeckten des nächsten tieferen Blattes

ein wenig überragt; und sind aus ebenfalls dachziegelförmig sich deckenden, in warmer Natronlauge aufquellenden, ovale abgeplattete Kernräume zeigenden, polygonalen platten Hornzellen zusammengesetzt. Gegen das Nagelbett setzen sich die Zellenlagen dieser *Hornschicht* des Nagels in einer ziemlich scharfen Grenzfläche gegen die *Schleimschicht* ab; letztere füllt die Hohlräume zwischen den Leisten des Nagelbetts genau aus, überkleidet die Innenfläche des Nagelfalzes und ist an der Nagelmutter am dicksten; sie besteht aus kernhaltigen, bei brünetter und farbiger Haut gelblich bis bräunlich pigmentirten Zellen, welche denen der Schleimschicht der Epidermis gleichen, doch sind in Furchen zwischen den Leistchen mehrere Lagen senkrecht zur Cutis stehender länglicher Zellen vorhanden. An der Grenze zwischen Nagelkörper und Schleimschicht gehen die Zellen der Schleimschicht auf dem Nagelbett ziemlich plötzlich in diejenigen der Hornschicht des letzteren über; unter dem freien Rande des Nagels und im ganzen Nagelfalz werden sie allmälig platter und verhornt, so dass in Wahrheit sich eine, am Nagelkörper freilich nur aus einer bis zwei Zellenlagen bestehende Epidermis-Hornschicht unter dem ganzen Nagel hin erstreckt (Fig. 70 *h*), die sich mit Hämatoxylin nicht färbt, was die Zellenkerne der Schleimschicht thun.

Die fettlose Cutis des Nagelbettes ist aus strafffasrigen längs- und querlaufenden Bindegewebsbündeln mit feinen elastischen Fasern geflochten; ihre *Leisten* sind homolog den Riffen der Volar-, resp. Plantarflächen; sie erscheinen auf dem senkrechten Querschnitt wie grosse Papillen mit kolbiger Spitze, und tragen eine doppelte Reihe dünner, verhältnissmässig langer und mehr zugespitzter Papillen. Nach der Nagelmutter hin sind sie öfters windschief gebogen. — An letzterer ist die Cutis mit langen, kolbig und unregelmässig endigenden Papillen (Fig. 70) besetzt, die ebenso wie die Leisten den Cutispapillen im Bau gleichen; kleinere finden sich auch an der Innenfläche des Nagelwalles, sowie unter dem freien Nagelrande.

Die Blutgefässe sind zahlreich, verlaufen als Arterien und Venen und feinmaschiges Capillarnetz im Nagelbett, dringen mit dichten Schlingenmaschennetzen in die Leisten und Papillen des Nagelbettes und Nagelwalles ein. — Lymphgefässe sind vorhanden (Teichmann, 1861), aber nicht genauer untersucht. — Nerven finden sich als doppeltcontourirte sensible Fasern und Stämmchen von solchen zahlreich, wie in der Haut (S. Nervensystem); einzelne dringen in die Leisten und endigen mit Tastkörperchen.

Schleimhäute.

Einige Grundzüge ihres Baues kehren bei allen Schleimhäuten wieder.

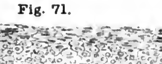
Das Epithel mag Platten-, Cylinder-, Flimmer- oder Neuro-Epithel sein, — jedenfalls ist es, namentlich mit seiner untersten Zellenlage, in die Oberfläche der Schleimhaut selbst eingezahnt. Die gezähnelte Grenzlinie erscheint bei schwächeren Vergrösserungen als heller structurloser Saum im Durchschnitt: sog. Basalmembran. Von diesen Säumen unterscheiden sich wirkliche *Basalmembranen,* Grenzhäute, die an einigen Stellen vorkommen, schon durch ihre grössere Dicke. Sie sind nicht scharf gegen das eigentliche Schleimhautgewebe abgegrenzt.

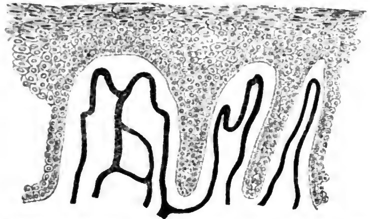
Die eigentliche Schleimhaut, Tunica mucosa propria, *Propria,* besteht aus Bindegewebsbündeln mit elastischen Fasern, wie das Corium; ist jedoch lockerer gebaut. In den Spalten zwischen den Bindegewebsbündeln finden sich häufig Leukoblasten, Wanderzellen, welche die Schleimhaut passiren, um in die Lymphgefässe überzutreten; theils sind sie sparsam zerstreut, theils dicht gedrängt, nach der Verschiedenheit der Schleimhaut und wechselnden physiologischen Zuständen. Von den Inoblasten, die in den Schleimhäuten zahlreicher als in der äusseren Haut angetroffen werden, unterscheiden sie sich z. B. an Essigsäure-Präparaten durch die rundliche Form ihrer Kerne. Viele Schleimhäute enthalten netzförmiges Bindegewebe. Elastische Fasern sind in der Propria der Schleimhäute zahlreich, aber feiner als in der Cutis, gehen auch in die *Papillen* (Fig. 71) ein. Letztere haben sehr wechselnde Dimensionen; die grösseren und zum Theil mit freiem Auge sichtbaren erscheinen meist mit kleinen microscopischen *secundären Papillen* besetzt, deren

jede für sich in die tiefere, dem Rete mucosum der Epidermis analoge Schicht des solche Papillen überziehenden Platten-Epithels eingebettet liegt. Grosse schlanke weiche Papillen werden *Zotten* genannt (Bd. II).

Unter der Basis der Papillen erstreckt sich in manchen Schleimhäuten die ***Muscularis*** der Mucosa: eine aus glatten Muskelfasern gewebte dünne Schicht, welche der Oberfläche parallel ausgebreitet, und durch die Drüsenkanäle der Schleimhaut, jedenfalls aber unter den Papillen von sie durchbohrenden Blutgefässen, resp. Nerven unterbrochen ist. Da sie sich durch Pikrinsäure gelb färbt, während Carmin die bindegewebigen Propria und Submucosa röthet, so ist sie nach Doppeltinctionen am zierlichsten zu demonstriren.

Fig. 71.





Drei Papillen der Mundschleimhaut auf dem senkrechten Durchschnitt. Blutgefässe mit Leim und Berlinerblau injicirt; Alkohol, Carmin, Essigsäure, Glycerin. V. 400/200. In der grösseren Papille bilden die Capillaren ein Schlingenmaschennetz, in den anderen einfache oder mehrfache Schlingen. Die Epithelialzellen der untersten Reihe sind länglich und stehen senkrecht auf ihrer Unterlage.

Wie die Muscularis kann auch die Submucosa fehlen, und dann verbinden sich die Bindegewebsbündel der Propria direct mit den tiefer liegenden Gebilden, nämlich Periost, Perichondrium etc. Ohne Submucosa, die eine Beweglichkeit, resp. Faltung der Propria durch die Contractionen der Muscularis ermöglicht, kommt letztere nicht vor, wohl aber gibt es Schleimhäute, die keine Muskelfasern und doch Submucosa besitzen. Letztere ist aus lockigem, grossmaschigen Bindegewebe geflochten, enthält weite Maschen mit Leukoblasten; ferner stärkere, die Propria versorgenden Gefässe, Nerven und Ganglienzellenhaufen, endlich grössere Drüsenkörper: sog. *Schleimdrüsen, Gl. muciparae,* und Fettzellen-Anhäufungen, wo solche vorhanden sind.

Die Blutgefässe der Schleimhäute verbreiten sich in Papillen-tragenden im Allgemeinen nach Analogie derjenigen der äusseren Haut. In die grösseren Papillen treten stärkere Gefässe, bilden darin, wie in den Darmzotten, ein anastomosirendes Schlingenmaschennetz (Fig. 71), während die secundären Papillen nur einfache Gefässschlingen enthalten. — Die Lymphgefässe setzen ein oberflächliches, und wo Submucosa vorhanden ein in letzterer gelegenes, mit dem oberflächlichen durch nahezu senkrecht nach der Oberfläche hin verlaufende Aeste anastomosirendes, tieferes Netzwerk zusammen (S. Gefässsystem). Kuglige Lymphfollikel sitzen seltener in der Submucosa, meist in der Dicke der Schleimhaut selbst, ragen aber mit ihrem unteren Theil in die Submucosa hinein. — Ueber die Nerven s. Nervensystem.

Der Schleim enthält in Eiweiss und Mucin führender Flüssigkeit freischwimmende Epithelialzellen, zerfallende derartige Zellen, Trümmer ihres Protoplasma in Gestalt von Eiweiss- und Fettkörnchen, freie Kerne, einzelne Leukoblasten, *Schleimkörperchen*, die wahrscheinlich aus den Lymphgefässen oder Lymphfollikeln ausgewandert sind. Durch Essigsäure wird unter dem Microscop das Mucin in körnigen, im Ueberschusse unlöslichen Fäden und Streifen gefällt.

Ohr.

Aeusseres Ohr.

Die Ohrmuschel besteht aus elastischem Knorpel mit grossen, dicht gedrängten Knorpelkörperchen. Ihre dünne Cutis wird durch kurze Bindegewebsbündel mit sehr wenig Fettzellen an das feste, an elastischen Fasern reiche Perichondrium geheftet. Talgdrüsen sind an den concaven Flächen stärker entwickelt, die Schweissdrüsen an beiden Flächen klein. Im äusseren Gehörgange zeigt sich der Knorpel wie an der Ohrmuschel beschaffen; Wollhaare und die stärkeren Haare (Bd. II) am Eingange, Talgdrüsen, Unterhautbindegewebe mit Ohrenschmalzdrüsen (s. unten) sind im knorpligen Theil gut entwickelt, die Papillen meist ganz flach, die Hornschicht der Epidermis dünn. Der Haut des Meatus auditorius externus osseus fehlen Knaueldrüsen und Haare: in der oberen hinteren Parthie der Wandung ist ihr Bau wie im knorpligen Theil und ihre Oberfläche mit reihenweise geordneten kleinen Papillen besetzt, deren Reihen der Längsaxe des Ganges parallel stehen. Die übrigen Parthien des letzteren bekleidet dünne, fast glatte Haut; sie verbindet sich fest mit dem Periost und enthält, wie letzteres, zahlreiche feine elastische Fasern.

Die Ohrenschmalzdrüsen sind stark entwickelte Schweissdrüsen von demselben Bau, wie diese, aber mit einer dickeren Lage glatter Musculatur versehen und gelbbräunliche Fettkörnchen in den Zellen des Drüsenkanales führend, die neben viel freiem, das Lumen ausfüllendem Fett auch im letzteren sich finden. Die Ausführungsgänge verlaufen wenig gewunden, öffnen sich zwischen den Haarbalgmündungen. — Der die Haare und Epidermis des äusseren Gehörganges deckende Ueberzug von *Ohrenschmalz* ist nicht blos Secret dieser Drüsen, sondern enthält auch das der Talgdrüsen und Epidermiszellen, ferner abgestossene Lanugohäärchen, sowie hier und da rhombische Tafeln von Cholestearin. — Gefässe und Nerven des äusseren Ohres verhalten sich wie die der Haut; im Knorpel der Ohrmuschel sind keine Blutgefässe vorhanden, mit Ausnahme einzelner Stellen, z. B. der Concha, an welchen Bindegewebssepta vom Perichondrium her in das Knorpelgewebe vordringen.

Inneres Ohr.

Paukenhöhle.

Das **Trommelfell** besteht aus drei Platten. Die laterale Platte geht von einer ringförmigen Verdickung aus, mit welcher die Cutis des äusseren Gehörgangs aufhört, sie setzt sich als sehr dünne, papillenlose Bindegewebsschicht über das Trommelfell fort und ist mit zwei- bis dreischichtigem Platten-Epithel bekleidet. Verdickt ist sie längs des Manubrium mallei, woselbst stärkere Gefässe und Nerven liegen. — Die mittlere Platte beginnt am Innenrande des *Annulus cartilagineus*, der seinerseits mit den Periostüberzügen des äusseren Gehörganges und der Paukenhöhle zusammenhängt; der Annulus wird von netzförmig verflochtenen, vorwiegend radiär angeordneten Bindegewebsfasern gebildet, die kleine rundliche Knorpelkörperchen und zahlreiche elastische Fasern zwischen ihren Bündeln enthalten. Die mittlere Platte setzt sich aus zwei Schichten zusammen: einer lateralen radiär-fasrigen und einer medialen concentrisch-fasrigen; die erstere ist am Rande des Trommelfells etwa halb so dick als die letztere, welche dagegen nach dem Centrum der Membran sich verdünnend daselbst fast verschwindet. Beide Schichten bestehen aus straffen platten, etwa 0,01 Mm. breiten, an den Oberflächen der mittleren Platte mit der medialen und lateralen Platte

zusammenhängenden Bindegewebsbündeln, die unter sich ein engmaschiges Netz bilden, mit schmalen spaltförmigen Lücken. Ihre Faserung ist nur schwach angedeutet; zwischen den Bündeln liegen zahlreiche Inoblasten, Trommelfellkörperchen, mit langen schmalen Kernen und feinste elastische Fasern; das Gewebe ist analog dem Sehnengewebe und als verdichtetes Unterhautbindegewebe aufzufassen, während die laterale Platte eine Cutis-Einstülpung repräsentirt. Dem Gesagten entsprechend erscheinen die Spalten zwischen den Faserbündeln nach Behandlung mit Säuren auf dem Längsschnitt spindelförmig; auf dem Querschnitt sternförmig; mit Goldchlorid färben sie sich schwarz. Die radiäre Schicht hängt mit den radiären Bündeln des Annulus cartilagineus zusammen, reicht daher scheinbar weiter nach der Peripherie, als die circuläre, von der einzelne Bündel in den Ring einstrahlen. Der Hammergriff steckt innerhalb der circulären Faserlage, die denselben spiralig umwickelt; am oberen Theile des Griffs gehen ihre meisten Fasern an der lateralen Seite des letzteren vorbei, weiter abwärts treten allmälig mehr Fasern auf die mediale Seite; sie bilden eine an Stelle des Periosts tretende Hülle, die den radiären Fasern zur Insertion dient. Am unteren Ende des Griffs, woselbst die circuläre Lage fehlt, umgreifen letztere direct dessen vordere und hintere Fläche, und auf der medialen Kante des Manubrium läuft die Hauptmasse der Fasern in jedem Abschnitt seiner Erstreckung von oben nach unten in Folge des erwähnten spiraligen Umbiegens.

In dem Winkel, den der hintere Theil des Trommelfells mit dem Manubrium bildet, findet sich an der Verbindungsstelle beider ein länglicher, spaltförmiger, parallel dem Manubrium verlaufender und inwendig von Platten-Epithel ausgekleideter Hohlraum, den eine Fortsetzung der Paukenhöhlenschleimhaut bildet. — Die Flächenkrümmung, welche die radiären Fasern des Trommelfells lateralwärts convex gebogen erhält, verdankt es der Spannung seiner circulären Fasern.

Die mediale Platte besteht aus sich durchkreuzenden Faserbündeln, dendritisches Fasergerüst, mit kreisförmigen Maschen, ihre mediale Oberfläche ist gleichmässig fasrig und von einschichtigem kernführenden Platten-Epithel überkleidet. Sie ist noch dünner, als die laterale Platte; an ihrer Peripherie etwas verdickt und daselbst mit sparsamen warzenförmigen Gefässpapillen besetzt.

Die *laterale Platte* des Trommelfells erhält ihre Blutgefässe aus einem Aste der A. auricularis profunda, welcher von oben her auf das Trommelfell übertritt, längs des Manubrium hinter demselben bis zur Mitte der Membran verläuft und seine capillaren Aeste in radiärer Richtung entsendet. Die venösen Capillaren sammeln sich in zwei Plexus, von denen der innere das Manubrium umgibt, der äussere am Rande der Membran liegt; beide führen zu Venen, welche die erwähnte Arterie begleiten. — Lymphgefässe sind zahlreich, durchkreuzen die Blutgefässnetze, reichen mit feinen Netzen bis an das Epithel, gelangen mit stärkeren Stämmchen an vielen Stellen zur Peripherie des Trommelfells und communiciren daselbst mit denen des äusseren Gehörganges. — Die Nerven stammen vom N. membranae tympani, der mit dem beschriebenen Ast der A. auricularis profunda verläuft, in der Höhe des Processus brevis, sowie in seinem Verlaufe hinter dem Manubrium Aeste abgibt und sich unterhalb des letzteren in solche auflöst. Seine Zweige bilden einen tiefen und einen oberflächlichen Plexus doppeltcontourirter Fasern; ihre Endigung ist unbekannt; ausserdem kommen Gefässnerven vor.

Die *mittlere Platte* des Trommelfells hat keine Blutgefässe und Nerven, mit Ausnahme capillarer Anastomosen zwischen den Blutgefässen der medialen und lateralen Platte, die auch neben dem Manubrium mallei vorkommen; dagegen sind ihre grösseren Lücken mit Endothelien ausgekleidet, communiciren mit den Lymphgefässen der lateralen Platte und sind ebenfalls als solche zu betrachten. — Die hier und da erwähnten Nervenfibrillen der mittleren Platte scheinen elastische Fasern gewesen zu sein.

Die *mediale Platte* besitzt zahlreichere Blutgefässe, aber sparsamere Nerven als die laterale. Erstere sind vorwiegend Capillaren, die von der Schleimhaut, welche den

Annulus cartilagineus überkleidet, herstammen, doch finden sich auch unbedeutende arterielle Aeste aus der A. stylomastoidea längs des Manubrium herabsteigend. — Lymphgefässe kommen sparsam vor, bilden engmaschige Netze wie am Annulus cartilagineus. — Die Nerven sind vorwiegend Gefässnerven und aus blassen kernführenden Fasern zusammengesetzt.

Der oberhalb des Processus brevis gelegene Theil des Trommelfells, Pars flaccida, besteht aus sich durchkreuzenden Bindegewebsbündeln mit elastischen Fasern und Blutgefässen. Die eigenthümliche mittlere Platte fehlt; auch ist keine Scheidung zwischen medialer und lateraler Platte vorhanden. Die Abgrenzung der Pars flaccida gegen das eigentliche Trommelfell wird nach vorn und hinten durch etwas stärkere Stränge der mittleren Platte: den *vorderen* und *hinteren* oder oberen *Befestigungsstrang* des Trommelfells gebildet, welche mit den beiden oberen Enden des Annulus cartilagineus zusammenhängen.

Die **Gehörknöchelchen** bildet compacte Knochensubstanz, welche von zahlreichen Havers'schen Kanälchen durchzogen wird. Die Blutgefässe innerhalb der letzteren stammen von Arterien und Venen, welche in der Schleimhaut von der Paukenhöhlenwand aus übertreten; sie sind von kleinen Lamellensystemen umgeben, und nur sparsame Generallamellen umziehen die ganzen Knochen, eine etwas spröde oberflächlichste Rinde constituirend. Im Innern der dickeren Stellen, namentlich im Capitulum mallei, Corpus incudis, Capitulum stapedis kommen kleine Inseln spongiöser Substanz mit Fettzellen vor. An vielen Stellen ist hyaline Knorpelsubstanz in sehr dünner, nur wenige Schichten rundlicher nach der Oberfläche mehr abgeplatteter Knorpelkörperchen führender Lage, wie sie die Gelenkflächen überzieht, auch auf den übrigen Oberflächen der Knochen abgelagert.

Der Hammergriff hat eine peripherische Knorpellage, die am Processus brevis beginnt, dessen Spitze oder laterales Drittel bildend; sich zwischen der lateralen Schicht der mittleren Platte des Trommelfells und dem Manubrium, das letztere lateralwärts überkleidend, abwärts erstreckt und die Spitze desselben ebenfalls von unten her umgreift. Auch zwischen dem Ansatz der Sehne des M. mallei und dem Knochen findet sich eine dünne Knorpelschicht; endlich ragen Knorpellamellen mitunter in ersteren hinein.

Der von manchen Beobachtern (z. B. Helmholtz, 1868) bezweifelte Processus longus mallei ist in seiner Integrität bei Erwachsenen am einfachsten nachzuweisen, wenn man das ganze Lig. anterius mallei im Zusammenhange mit dem Hammer herausnimmt, mit Natron durchsichtig macht und etwa 100fache Vergrösserung anwendet.

Die Gehörknöchelchen sind Reste von Kiemenbogen, Kiemenfortsätzen, deren der Embryo fünf besitzt. Der erste oder vorderste theilt sich in einen oberen Ast (Oberkiefer) und einen unteren, aus welchem Hammer, Ambos und Unterkiefer entstehen. Mit dem Meckel'schen Knorpel, an dessen lateraler Seite später der Unterkiefer sich bildet, steht der erstere durch seinen Processus longus in Verbindung. Der zweite Kiemenbogen wird zum Steigbügel, Processus styloideus, Lig. stylohyoideum und Cornu minus oss. hyoidei. Noch beim Erwachsenen ist die mitunter spongiöse Wurzel des Processus styloideus innerhalb der compacten Substanz des Felsenbeins bis unterhalb der Eminentia papillaris zu verfolgen (Politzer, 1874). Manchmal findet man Verknöcherungen des genannten Ligaments vor und abnorm lange Processus styloidei können aus solchen hervorgehen. Eine Gelenkverbindung zwischen letzteren und Cornu minus oss. hyoidei kommt nicht vor; wohl aber zwischen Corpus und Cornu majus. Da beide letztgenannten aus dem dritten Kiemenbogen hervorgehen, so ist die genannte Gelenkverbindung, wenn sie vorhanden ist (S. 75), ihrer Entstehung nach z. B. dem Hammer-Ambos-Gelenk homolog. Die beiden letzten Kiemenbogen verschwinden. Die erste zwischen dem vordersten und zweiten Kiemenbogen gelegene Kiemenspalte persistirt als Paukenhöhle und Tuba Eustachii.

Hammer-Ambosgelenk. Die convexe Gelenkfläche des Hammers, wie die concave des Ambos, sind mit 0,04 dicken Knorpellagen überkleidet; die Ränder beider Gelenkflächen werden durch ein zartes Kapselband an einander geheftet; im oberen medialen Drittheil liegt eine von der Kapsel ausgehende, hier 0,05 dicke, lateralwärts zugeschärfte, fasrige oder faserknorplige Bandscheibe. Der Durchschnitt parallel der Längsaxe der elliptischen Gelenkflächen zeigt geringe convexe Krümmungen des Hammers, concave des Ambos; Durchschnitte senkrecht auf die Axe des Capitulum und Collum mallei bieten, je nach der Horizontalebene, in der sie geführt sind, verschiedenen Formen der Sperrzähne dar, mit welchen Hammer und Ambos in einander greifen; die Gelenkknorpel setzen sich über diese Sperrzähne fort.

Ambos-Pauken-Verbindung. Synchondrose: die freie Spitze des Processus brevis incudis ist überknorpelt und durch straffe Bandmasse mit dem Periost der Paukenhöhle verbunden; die Wand der letzteren besitzt eine der Ambosspitze entsprechende Vertiefung; die Bandmasse ist an der lateralen Seite bedeutend dicker.

Ambos-Steigbügelgelenk. Der knöcherne, im rechten Winkel vom Ende des Processus longus incudis abgehende Stiel, auf welchem der planconvexe Knopf des Processus lenticularis sitzt, ist gegen den Knopf zugespitzt, nur 0,04 dick; die convexe Oberfläche des Knopfes wird an ihrem ganzen Rande von einer peripherisch wulstigen Knorpelscheibe überlagert, welche gegen den Steigbügelkopf convex ist. Die gegen den Ambos gekehrte concave Fläche der Knorpelscheibe hängt mit dem Periost des Endes seines Crus longum mittelst relativ dicker Bindegewebsschichten zusammen, wodurch die Verbindung längs des zarten Knochenstiels verstärkt wird. Das Capitulum stapedis überzieht eine analoge, schwächer concave Knorpelscheibe, die seine Ränder aber nicht überragt. Die einander zugekehrten Oberflächen beider Knorpel sind in ihrem grösseren centralen Theile mehr eben; die Convexität resp. Concavität derselben ist nur peripherisch ausgesprochen; im Centrum findet sich eine spaltförmige Gelenkhöhle. Ist ein geführter Durchschnitt nicht durch die Axe des Processus lenticularis und parallel derselben gefallen, so kann die Gelenkhöhle übersehen werden. Ein gespanntes, aber sehr zartes Kapselband heftet die Ränder der Knorpelscheiben an einander.

Steigbügel-Pauken-Verbindung. Synchondrose: die mediale, gegen das Vestibulum gekehrte Fläche der Fussplatte des Steigbügels ist mit einer dünnen Knorpellage bedeckt, welche an der Vereinigungsstelle der beiden Crura mit der Basis die Knochenränder überragt und eine gegen den ebenfalls überknorpelten Rand der Fenestra ovalis convexe Oberfläche besitzt. Diese correspondirenden Knorpellagen werden von einer strafffasrigen Bandmasse, dem Lig. annulare baseos stapedis, an einander geheftet. Die hinteren und vorderen, den Steigbügelschenkeln entsprechenden Ränder sind bedeutend dicker, als die oberen und unteren der Basis stapedis; der hintere Rand der Fussplatte steht ziemlich senkrecht zu der letzteren; ihr vorderer Rand ist niedriger als der hintere und von lateralwärts her abgeschrägt; diese Ränder liegen ungefähr in der Fortsetzung der Aussenflächen ihrer zugehörigen Steigbügelschenkel. Die medialen und lateralen oberflächlichen Schichten der Synchondrose bestehen vorwiegend aus elastischen Fasern. Die Knorpellage der medialen Fläche der Basis ist beinahe dreimal so dick, als letztere selbst, sie wird lateralwärts von der Paukenhöhlenschleimhaut, medianwärts vom dünnen Periost des Vorhofs überkleidet.

Ligamente und Muskeln. Die Ligg. mallei superius, externum und anterius, sowie die Membrana obturatoria stapedis, bestehen aus nicht sehr straffem Bindegewebe mit elastischen Fasern.

Die vorderen Fasern des *M. mallei* hängen mit dem M. tensor veli palatini zusammen; seine Sehne wird von einer Schleimhautfalte locker überzogen; die Fasern des auf dem Querschnitt etwas eckig, prismatisch erscheinenden *M. stapedius* sind dünn, und so lang, wie der Muskel selbst; wegen seiner ziemlich cylindrischen Form sind seine motorischen Nerven zur Untersuchung nicht besonders günstig.

An der lateralen Seite der Bandmasse zwischen medialem Ende des Crus anterius stapedis und vorderem Rand der Fenestra ovalis liegt ein microscopischer Schleimbeutel, inwendig von Endothel überkleidet. Die Sehne des M. stapedius setzt sich an den medialen hinteren Rand des Capitulum stapedis. Von einer zarten microscopischen Knochenspitze, die etwas lateralwärts von der Verbindung des Crus posterius stapedis mit dem hinteren Rande der Fenestra ovalis sich aus der Wand der Paukenhöhle nach vorn erhebt, geht ein microscopischer straffer Faserzug, *M. fixator baseos stapedis*, zum Periost des medialen Endes des Crus posterius, der wesentlich aus glatten, schon an ihren Kernen kennbaren Muskelfasern besteht. — Das Lig. annulare ist hinten dicker als vorn; die Knorpelüberzüge des Steigbügels und Fensterrandes sind am Crus posterius höher, ausgedehnter und mehr eben, am vorderen Schenkel dagegen beide convex; diese Umstände zusammengenommen mit der mehr senkrechten Stellung des medialen Theiles des Crus posterius zur Ebene der Fenestra ovalis, mit dem Vorhandensein eines Schleimbeutels am Ende des vorderen Schenkels und mit der Befestigung der Mm. stapedius und fixator baseos stapedis an der hinteren Seite des Steigbügels weisen darauf hin, dass die Bewegungen des Stapes wesentlich in Excursionen des vorderen Theiles seiner Fussplatte um eine Axe bestehen, die am hinteren Rande der Fenestra ovalis senkrecht auf deren Längsaxe in ihrer Ebene gelegen ist.

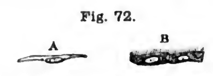
An dickeren Durchschnitten machen die Gelenkverbindungen der Gehörknöchelchen den Eindruck von Synchondrosen, wofür Brunner (1870, 1873) sie hält.

Die **Schleimhaut der Paukenhöhle** wird zusammengesetzt von einer dünnen Schicht fibrillären Bindegewebes, welches sich mit den Knochenoberflächen so innig verbindet, dass ein besonderes Periost nicht abgegrenzt



werden kann, und von Epithel überkleidet. Letzteres ist an den Wänden ein cylindrisches Flimmerepithel: zwischen den niedrigen Cylindern, die sich in lange, der Schleimhautoberfläche parallel laufende und ihrer gezähnelten Oberfläche eingelenkte Fäden fortsetzen, stehen zahlreiche Basalzellen. Nur die mediale Schicht des Trommelfells ist, wie gesagt, von einschichtigem Platten-Epithel überkleidet: die Grenze liegt am inneren Rande des Annulus cartilagineus, und daselbst findet sich eine kleine Strecke weit flimmerndes Platten-Epithel (Fig. 72 *B*); unter der oberflächlichen Zellenlage desselben sitzt eine zweite Schicht rundlicher Protoblasten und am äusseren Rande des Annulus cartilagineus werden die flimmernden Platten-Epithelien allmälig höher, um in die Cylinderform überzugehen. Papillen sind auf der Schleimhaut nicht vorhanden.

Fig. 72.

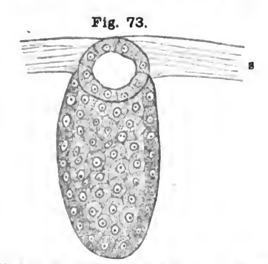


A Isolirte Endothelzelle vom Peritoneum in Serum auf der Kante stehend. *B* Zwei flimmernde Plattenepithelzellen aus der Paukenhöhle in Serum. V. 600.

Diejenigen Parthien der letzteren, welche die Gehörknöchelchen und ihre Adnexa überziehen, haben dieselbe Beschaffenheit; analog verhalten sich auch die den Uebergang vermittelnden Falten; das Epithel aller dieser Theile ist ein zwei- bis dreischichtiges nicht flimmerndes Platten-Epithel. Die Falte, welche die hintere Trommelfelltasche bildet, hängt an ihrem hinteren Ende continuirlich mit der Schleimhaut der Paukenhöhlenwand zusammen; weiter nach vorn, wo sie vom unteren Rande der schlaffen Parthie des Trommelfells entsteht, reichen die Faserbündel seiner mittleren Lage zwar nur bis an den Anfang der Tasche, aber in letzterer finden sich straffe Züge ähnlicher Fasern und helfen den hinteren Befestigungsstrang des Trommelfells bilden. Die vordere Tasche zeigt nichts von solchen Faserzügen. Der untere freie Rand der hinteren Hammerfalte setzt sich an das verdickte Neurilem der Chorda tympani.

Die Drüsen der Schleimhaut der Paukenhöhle bieten verschiedene Formen dar. Im vorderen medialen Theile nach dem Anfang der Tuba Eustachii hin, auch am vorderen Theile des Promontorium, sind sparsame schlauchförmige Drüsen derselben eingelagert. Dieselben sind theils einfache ovale Schläuche, 0,1 lang und 0,06 breit, mit rundlicher, 0,05 messender Ausführungsöffnung (Fig. 73), die ziemlich senkrecht zur Schleimhautfläche stehen. Oder es sind schlauchförmige Drüsen mit gestrecktem oder gewundenem Kanal, manche auch mit einzelnen ansitzenden, länglichen Acinis, wie solche Drüsen in den Nebenhöhlen der Nase vorkommen. Diese sind in schräger Richtung in die Schleimhaut eingelagert und namentlich in der Nachbarschaft grösserer Gefässe vorhanden. Die Ausführungsmündungen beider Arten findet man bei älteren Individuen mit glänzenden, concentrisch geschichteten Colloidkugeln von geronnenem Schleim ausgefüllt. Als dritte Form ist eine aus ca. 15 länglichen Acini zusammengesetzte Drüse mit einfachem Ausführungsgang zu bezeichnen, welche an dem vorderen lateralen Rande des Trommelfells nahe dem Uebergang der Paukenhöhle in die Tuba vorkommt; sie ist von ovaler Gestalt, 0,4 lang. Alle diese Drüsen werden von niedrigem Cylinder-Epithel ausgekleidet. Am hinteren Theile des Promontorium und in den Cellulae mastoideae sind keine dergleichen vorhanden.

Fig. 73.



Einfache Schleimdrüse von Platten-Epithel ausgekleidet, aus dem vorderen Theil der Paukenhöhle, in Serum, auf dem senkrechten Durchschnitt. *s* Oberfläche der Schleimhaut, das Epithel der letzteren ist nicht gezeichnet. V. 350.

Die einfachen ovalen Drüsenschläuche sind bereits in der 2. Auflage (1841, S. 160) von C. Krause beschrieben. Die schlauchförmigen Drüsen hat Wendt (1870) constatirt; an Präparaten, die durch Säuren entkalkt wurden, sind sie nicht zu finden (Brunner, 1870). Die als dritte Art erwähnte Drüse wurde durch v. Tröltsch

(1861) beschrieben; ob sie constant vorhanden, lässt sich nicht sagen. — Bei Carnivoren sah Kessel (1870) tubulöse, mit Cylinder-Epithel ausgekleidete Drüsen.

Die Schleimhaut der Cellulae mastoideae ist viel dünner, blasser, ärmer an Blutgefässen, mit Platten-Epithel überzogen. Sie enthält stärkere Bindegewebsbalken, die zum Theil frei wie Spinngewebsfäden an den Wänden der Cellulae ausgespannt sind, und auch in der Paukenhöhle selbst, namentlich an den Gehörknöchelchen vorkommen. Hier und da zeigen sich in ihrem Verlaufe ellipsoidische, concentrisch geschichtete Körper von 0,1—0,9 Länge, die einem Vater'schen Körperchen einigermassen ähnlich sehen, jedoch nur aus concentrischen Bindegewebslagen, ohne interstitielle Flüssigkeit und ohne Nervenfasern bestehen. Sie werden von einem bindegewebigen Axenstrang durchsetzt, und ein solcher kann in seinem Verlauf hinter einander mehrere concentrische Körper enthalten. Wahrscheinlich sind es Bindegewebsreste, die ihre Anordnung der Resorption und Ausbildung von Knochenhöhlen verdanken, da sich die Cellulae mastoideae erst beim Kinde entwickeln.

Die Blutgefässe der Paukenhöhle bestehen aus Capillaren an der Oberfläche und stärkeren Gefässen in der tieferen Bindegewebslage, die auch Capillaren in die Knochen senden. Die *Arterien* stammen von der A. stylomastoidea, — ferner aus dem R. petrosus superficialis der A. meningea media, welcher den M. mallei und den oberen Theil der Paukenhöhle versorgt — sowie aus einem im Canalis caroticus abgehenden R. caroticotympanicus der A. carotis interna — die des vorderen Theiles endlich aus der A. tympanica. Die erstgenannte Arterie anastomosirt durch Capillaren am Annulus cartilagineus mit den Aesten aus der A. auricularis profunda für die laterale Schicht des Trommelfells; sowie durch eine kleine Arterie, welche die Membrana obturatoria der Fenestra rotunda durchbohrt und in die Schnecke gelangt, mit der A. auditiva interna. Auf dem Promontorium anastomosiren Aeste der A. stylomastoidea und der Rr. petrosus superficialis und carotico-tympanici mit einander; sie bilden ein Gefässnetz, in welchem ein Hauptzweig neben dem N. tympanicus über das Promontorium verläuft, seine Aeste gehen meist unter rechtem Winkel ab, sind sparsam und verlaufen ziemlich gestreckt; einer derselben geht zur Fenestra ovalis. Der Hammer erhält einen Ast der A. tympanica, welcher von vorn her in das Manubrium eintritt und sich in einen aufsteigenden und absteigenden Zweig spaltet; letzterer wird von einer stärkeren Vene begleitet. — Die *Venen* führen zu den Vv. meningeae mediae, zu dem das Unterkiefergelenk umgebenden Plexus, der in die V. facialis posterior leitet, zu der V. auricularis profunda und dem Plexus pharyngeus. Ihre Aeste entsprechen in ihrer Anordnung den Arterien. — Die Lymphgefässe bilden einen tiefen, nahe am Periost gelegenen Plexus; erstere zeigen starke sackartige Erweiterungen und an der Decke der Paukenhöhle hier und da unvollständig begrenzte Lymphfollikel. Dergleichen reticuläres mit Lymphkörperchen infiltrirtes Bindegewebe findet sich auch in blutgefässreicher Schleimhaut oberhalb des oberen Randes des Trommelfells. — Die Nerven stammen aus dem Plexus tympanicus, welcher in seinem Verlauf und an seinen Theilungsstellen mehrfach Ganglienzellen, theils einzeln, theils in Gruppen von 5—10 oder in dickeren Haufen von 20—40 Zellen eingelagert enthält. Letztere führen meist gelbe Körnchen und sind wahrscheinlich bipolar. Einzelne in der Schleimhaut verlaufende dunkelrandige scheinen Fasern sensibler Natur; ihre Endigung ist unbekannt. Die ausserdem vorkommenden Plexus blasser kernführender Nervenfasern gehören den Gefässen an; zu den Gefässnerven dürften auch die feinen, in die Fenestra ovalis und rotunda eintretenden Stämmchen zu zählen sein. Die stärkeren Stämme führen Blut- und Lymphcapillaren.

Das Gewebe am oberen Rande des Trommelfells beschrieb Nassiloff (1869) als scharf umgrenzte Lymphdrüse der Paukenhöhle. Die Ganglienzellen des Plexus tympanicus sind von Pappenheim (1840), Kölliker (1854), E. Bischoff (1865) und W. Krause (1866) erörtert.

Die **Tuba Eustachii** besitzt in ihrer Pars cartilaginea hyalinen Knorpel, der im Innern eine Schicht elastischen Knorpels enthält; letztere Schicht ist etwa halb so dick, wie der ganze Knorpel. Der nach oben convexe obere Rand der oben geschlossenen Knorpelrinne ist durch straffes, an elastischen Fasern und Blutgefässen reiches Bindegewebe angewachsen. Aus solchem besteht auch der mittlere Theil der lateralen Wand; der untere dagegen aus lockerem, mit Fettgewebe reichlich durchsetztem Bindegewebe.

Auf dem Querschnitt zeigt der hintere Theil der Pars cartilaginea ein rundliches oder elliptisches Lumen, das nach oben, medianwärts und

lateralwärts, vom Knorpel umschlossen wird. Nach unten geht dieser *röhrenförmige Abschnitt* oder die Sicherheitsspalte in den lateralwärts nicht mehr vom Knorpel begrenzten *spaltförmigen Abschnitt* oder die Hülfsspalte über, in welchem die inneren Oberflächen für gewöhnlich dicht an einander liegen, aber durch Contraction der an den medialen Rand des hakenförmig umgebogenen lateralen Knorpels sich ansetzenden Bündel des M. tensor veli palatini von einander gehoben werden können. Die Grenze des röhrenförmigen, gegen den spaltförmigen Abschnitt erscheint im hinteren Theile der Pars cartilaginea durch eine mediale und eine laterale Längsfalte der Schleimhaut bezeichnet. Vollständig dicht liegen dagegen die Schleimhautflächen im vorderen Theil der Pars cartilaginea an einander, so dass das Lumen im Ruhezustande von Schleim ausgefüllt wird.

Die *Schleimhaut* der Tuba ist mit einschichtigem Flimmer-Epithel bekleidet, das auch Becherzellen und viele Ersatzzellen enthält; die Richtung des Stromes geht nach dem Pharynx; die freie Schleimhaut-Oberfläche ist glatt. Sie bildet jedoch auf der unteren Wand des knöchernen Theiles zartere und an den seitlichen Wänden der Pars cartilaginea stärkere, unregelmässige Längsfalten, die sich auf dem Querschnitt, namentlich im vorderen Theil der Tuba, wie Papillen ausnehmen. Die Submucosa ist im knöchernen Theil dünn, mit dem Periost verwachsen; nach abwärts wird sie fortwährend dicker, verbindet sich mit dem Knorpel durch ein relativ dickes, aus grösstentheils parallel der Längsaxe verlaufenden Bindegewebsbündeln geflochtenes Perichondrium.

Acinöse Drüsen sind im knöchernen Theil einzeln zerstreut; in der Pars cartilaginea bilden sie namentlich nach abwärts eine dicke, scheinbar continuirliche Drüsenschicht; fehlen jedoch, wo der Knorpel selbst die Wand bildet; die einzelnen Drüsen sind ellipsoidisch, 0,5—0,8 lang, 0,1—0,2 dick. Ihre Ausführungsgänge führen niedriges Cylinder-Epithel; am Ostium pharyngeum wird der Knorpel von Ausführungsgängen solcher acinöser Drüsen durchbohrt, welche an der Peripherie der Mündung in der Pharynxschleimhaut gelegen sind. — Die arteriellen Gefässe der Tuba stammen aus den Aa. Vidiana und pharyngobasilaris; letztere anastomosirt auch mit den Geflechten der Paukenhöhle. Die stärkeren Arterien der Submucosa verlaufen in der Längsrichtung: eines am oberen Umfange, eines an der medialen, eines an der lateralen Schleimhautfalte, welche den röhrenförmigen und den spaltförmigen Abschnitt der Pars cartilaginea von einander abgrenzen. Auch wird der Knorpel von einzelnen Gefässen durchbohrt, die in Bindegewebszügen vom Perichondrium her eintreten. — Die Venen gehen zu den V. tympanica — Plexus maxillaris internus — V. facialis posterior; ferner zu den Vv. pharyngeae — V. jugularis interna. — Die Lymphgefässe sind in der Pars ossea zahlreicher, sie bilden weitmaschige Plexus; die Submucosa besteht grösstentheils aus lymphadenoidem Gewebe (S. 47); erstere anastomosiren am Ostium pharyngeum mit denen der Pharynxschleimhaut. — Die Nerven stammen aus dem Plexus tympanicus, dessen N. tympanicus einen stärkeren längslaufenden Zweig absendet; die des vorderen Theiles der Tuba hängen mit dem Plexus pharyngeus zusammen. Sie führen doppeltcontourirte und blasse Fasern; auch viele microscopische Ganglien.

Die Ganglien ähneln denjenigen in der Submucosa des Darms; ich kenne sie seit 1862; zuerst erwähnt wurden sie von Rüdinger (1865), der sie mit den Ganglienzellen der Speicheldrüsen zusammenstellte, weil sie zwischen den Drüsenpaqueten der Submucosa in der Tuba eingebettet liegen.

Das Lumen des röhrenförmigen Abschnitts hat nur 0,4—0,5 Durchmesser (L. Mayer, 1866). Nach Moos (1874) verhält sich beim Menschen die Länge des hinteren mit Sicherheitsröhre ausgestatteten, zum vorderen dieselbe entbehrenden Abschnitte ca. wie 2 : 3, jedoch mit individuellen Schwankungen. Auch findet man gewöhnlich einzelne isolirte Knorpelstücke, Knorpelinseln, in der Nachbarschaft des eigentlichen Knorpels, und namentlich dessen auf diese Art gleichsam zersplitterten unteren Endes. — In der ganzen Pars cartilaginea, am zahlreichsten (sog. Tubenmandel) in der Mitte ihrer Länge kommen kleine in die Schleimhaut selbst eingelagerte Balgdrüsen vor, deren 0,3—0,4 Mm. dicker Balg aus netzförmigen Bindegewebe mit eingelagerten Lymphkörperchen besteht. Die Balgdrüsen sind etwa halb so gross als diejenigen der Tonsillen (Gerlach, 1875, bei einem halbjährigen Kinde). Beim Erwachsenen sind sie nicht vorhanden, aber zuweilen umgeben stark mit Lymphkörperchen infiltrirte Schleimhautfalten die Ausführungsmündungen der acinösen Drüsen (W. Krause).

Bei den Säugethieren ist die Differenz zwischen Sicherheitsröhre und Hülfsspalte zum Theil durch Wulstungen der Schleimhaut der ersteren ausgeglichen (Moos, 1874, beim Rind, Schaf, Ziege). Deutlich ausgebildet ist die erstere bei Katzen, dem Kaninchen, Hasen, Reh, Pferd; dagegen fehlt anderen Thieren mit der hakenförmigen Knorpel-Umbiegung die erstere ganz (Hund, Dachs, Marder, Fischotter) und die differente Beschaffenheit beider Abtheilungen überhaupt wird auch beim Affen, Murmelthier und Schwein vermisst: der Knorpel stellt bei den letztgenannten Carnivoren, sowie beim Maulwurf und Murmelthier eine einfache Knorpellamelle oder cylindrischen, an der medialen Seite der Tuba gelegenen Knorpelstab dar (Rüdinger, 1865, 1870, 1872). Durch den Letztgenannten und Du-Bois-Reymond wurden die schon von Henle (1866) abgebildeten röhren- und spaltförmigen Abschnitte physiologisch unterschieden.

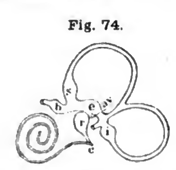
Labyrinth.

Vorhof, Vestibulum.

Sacculi ellipticus und rotundus, Canales semicirculares membranacei und reuniens.

Die Membranen der Sacculi und häutigen Bogengänge (Fig. 74) bestehen aus Bindegewebe mit Kernen und nicht sehr zahlreichen Gefässen, die von den Anheftungsstellen aus, sowie vom Periost der umgebenden Höhlen, in kleinen Bindegewebsbälkchen an die Aussenwandung herantreten. Sie umspinnen die Gänge mit Capillaren in länglichen Maschennetzen; an den Bogengängen ist auch gefässfreies, zartmaschiges Bindegewebe vorhanden; die lateralen Wände der Sacculi sind jedoch ziemlich frei von Verbindungen und ihre Aussenflächen glatt. An der Innenfläche befindet sich eine hyaline Schicht, welche im Allgemeinen von einem nur 0,006 dicken Platten-Epithel mit sechsseitig polygonalen Zellen und grossen Kernen bedeckt wird, das auch die in den Bogengängen sparsam zerstreuten, in die Höhle der Gänge hervorragenden, hyalinen, am Rande concentrisch leicht gestreiften Papillen von 0,025 Höhe überkleidet.

Fig. 74.



Schema des linken häutigen Labyrinths von aussen. *c* Vorhofsblindsack des Ductus cochlearis. *r* Sacculus rotundus. *e* Sacculus ellipticus. *s* Ampulle des oberen Bogengangs. *b* die des lateralen (durchgeschnittenen), *i* die des unteren Bogengangs. *av* Aquaeductus vestibuli mit zwei Schenkeln aus den beiden Säckchen entspringend. Der Sacculus rotundus steht mit dem Vorhofsblindsack durch den Canalis reuniens in Verbindung.

An den Maculae und Cristae acusticae sind die Bindegewebsmembranen, deren Wandstärke in den Bogengängen 0,012, an der freien Wand des Sacculus rotundus 0,003 beträgt, um das Zehnfache (auf 0,13) verdickt; sie bestehen aus einer inneren mit zahlreichen Kernen versehenen und einer äusseren, zu netzförmigen Bündeln angeordneten Schicht (Fig. 75). Auch das Epithel ändert seine Beschaffenheit. Allmälig werden die Zellen am Rande mehr cylindrisch und auf den Maculae und Cristae selbst von einem eigenthümlichen, 0,03 dicken Neuro-Epithel des Vorhofs ersetzt.

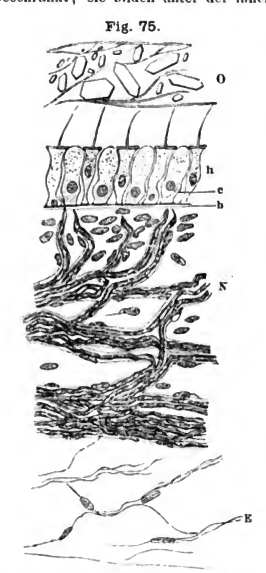
Dasselbe besteht aus Haarzellen und Cylinderzellen, die abwechselnd neben einander gestellt sind, so dass jede Haarzelle von fünf Cylinderzellen umgeben wird und, da beide Arten von Zellen gleich dick sind, auch vice versa.

Die *Haarzellen* (Fig. 75 *h*) sind länglich, in der Mitte ihrer Länge bauchig erweitert; daselbst oder an ihrem unteren verbreiterten Ende sitzt ein ovaler Kern. An ihrem freien Ende tragen sie eine 0,002 dicke quergestreifte Platte (Verdickungssaum), aus deren etwas vertieftem Centrum ein 0,025 langes, kegelförmiges, an seiner Basis 0,003 dickes, unmessbar fein auslaufendes Stäbchen oder starres Haar, Hörhaar, hervorragt.

Die *Cylinderzellen* sind in ihrem oberen Theil bauchig, in ihrem unteren führen sie einen ovalen Kern; ihr oberes Ende ist abgerundet, ihr Fuss meist von grösserem Umfange, als derjenige der Haarzellen. Beide Zellenarten sind mit gezähnelter Basis der innersten Schicht der bindegewebigen Wand aufgesetzt, welche 0,002 dicke Basalmembran kernlos und glashell erscheint.

Die doppeltcontourirten **Nervenfasern** sind auf die Maculae und Cristae acusticae beschränkt; sie bilden unter der inneren Bindegewebsschicht flächenhaft verlaufende spitzwinklige Plexus, biegen sich in feinen Bündeln fast rechtwinklig gegen die Oberfläche um, ohne Theilungen ihrer Fasern zu zeigen. Sie gehen zugespitzt in blasse Fibrillen über, welche die Basalmembran jede einzeln durchbohren und sich vorher in derselben dichotomisch theilen können. Unter dem Epithel und zwischen den Basen der Zellen desselben verlaufen sie noch über Strecken, welche bedeutend grösser sind, als die Dicke der Epithelschicht. Ihr Ende ist nicht mit Sicherheit bekannt.

Fig. 75.



Querschnitt durch die Macula acustica im Sacculus ellipticus des Menschen, nach Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure und nachher mit H. Müller'scher Flüssigkeit. V. 1000/500. *O* Gallertige an der Oberfläche netzförmige Membran mit den nach Behandlung mit Säuren zurückbleibenden Resten der Otolithen. Sie hat sich von den in sie eingebettet gewesenen spitzzulaufenden Haaren der Haarzellen abgehoben. *h* Haarzelle. *c* Cylinderzelle. *b* Basalsaum. *N* Nervenfasern, mit feinen Fibrillen den Basalsaum durchbohrend. *E* Bindegewebige Grundlage der Säckchenwand mit elastischen Fasern und Kernen. — Methode in Fig. 76—79 analog.

Die meisten Beobachter nehmen an, dass sie sich mit den Haarzellen verbinden, entweder in deren Basis oder seitlich in die Zelle eintretend, in ersterem Falle in der Längsaxe der Zelle verlaufend. Einige (Hartmann, 1862, bei Knochenfischen hielten die subepithelialen Fibrillen für herausgezerrte Axencylinder. — Bei den Wirbelthieren kehren dieselben Verhältnisse des Neuro-Epithels wieder; bei Fischen sind die subepithelialen Nervenplexus besonders entwickelt, die Haarzellen mehr flaschen- oder spindelförmig (S. auch S. 31 u. 137). — Die Macula acustica des Sacculus ellipticus s. Utriculus liegt zum Theil dem Septum an, welches letztere nach Reichert (1864) einen durch die Macula cribrosa recessus cochlearis tretenden Zweig vom N. saccularis minor des N. cochleae erhalten soll. Nach Middendorp (1867) liegt eine Verwechslung mit dem N. ampullaris inferior, nach Odenius (1867) mit Fasern des N. saccularis major vor, die zum eben erwähnten Theile der Macula acustica sacculi elliptici gehen. Jedenfalls passiren durch die Löcher der Macula cribrosa recessus cochlearis nur feine Gefässe.

Das Nervenepithel der Maculae und Cristae acusticae wird in seiner ganzen Ausdehnung von einer nicht organisirten, gallertigen, 0,02 dicken, zu netzförmigen Balken angeordneten Membran bedeckt, in welche die Haare der Haarzellen hineinragen und deren Maschen zahlreiche rhomboedrische Krystalle, *Otolithen*, enthalten. Letztere sind sechsseitige Prismen mit an den Endflächen aufgesetzten niedrigen Pyramiden in der Form des Arragonits; sie haben 0,01 Länge auf 0,006 Breite und Dicke, viele aber sind kleiner oder schlanker und einige haben nur 0,003 Länge auf 0,002 Querdurchmesser. Sie bestehen aus kohlensaurer und etwas phosphorsaurer Kalkerde, sowie einer in verdünnten Säuren unlöslichen Grundlage von stickstoffhaltiger Substanz. Die Krystalle müssen mithin als Krystall-Drusen oder -Gruppen, nicht als Individuen aufgefasst werden. Ihre organische Grundlage hat nicht den Charakter von Zellenprotoplasma, da die zuletzt entstandenen kleinsten Krystalle sehr viel kleiner als irgendwelche Zellen und niemals in solchen eingeschlossen sind; sie bilden sich vielmehr als Niederschläge in der Endolymphe, während die netzförmige Membran, die sie befestigt, als Zellenausscheidungsproduct aufzufassen ist.

Vielleicht wird sie von den Cylinderzellen geliefert, während die Haare der Haarzellen geeignet sind, von Wellen, welche in der Endolymphe verlaufen und die Otolithen in Schwingung versetzen, bewegt zu werden.

Der Crista acustica der *Ampullen* entspricht an der Aussenwand der letzteren eine leichte Einschnürung, *Sulcus transversus*. Die Form der quer zur Längsrichtung jeder Ampulla gestellten Crista ist eine länglich cylindrische mit einer leichten centralen Erhebung, die (bei der Crista der Ampull. lateral. am unbedeutendsten ist und) mit abgedachten, etwas verbreiterten und abgerundeten Enden, *Plana semilunata*, aufhört, welche, wie die ganze Crista bei älteren Individuen, von einem pigmentirten Saum eingefasst werden.

Der **Canalis reuniens** ist wie die freie Wand des Sacculus rotundus beschaffen.

Der **Aquaeductus vestibuli membranaceus** wird von dem 0,03 dicken, gefässhaltigen Periost des knöchernen gebildet, das an seiner Innenwand polygonales Platten-Epithel, im hinteren sackartig erweiterten Theile des Ganges einfache und zusammengesetzte Papillen, blind abgerundete seitliche Ausstülpungen, auch quer durch das Lumen verlaufende bindegewebige Stränge zeigt. Das blinde Ende zieht sich jenseits der Mündung des knöchernen Aquaeductus vestibuli noch längs dem Sulcus petrosus inferior hin und ist hier mit der Dura mater fest verwachsen.

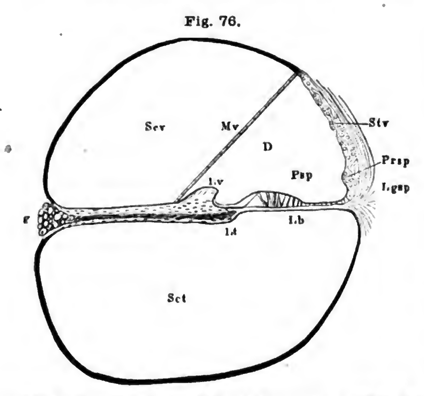
Der **Aquaeductus cochleae** enthält ausser dem venösen Sinus cochleae (S. 137) eine Fortsetzung des Periosts des Schneckenkanals, welche mit der Lamina spiralis zusammenhängt und darin bei Neugeborenen einen später obliterirenden lymphatischen Hohlraum, Aquaeductus cochleae membranaceus s. ductus perilymphaticus (Hasse, 1873).

Schnecke, Cochlea.

Bei der Beschreibung wird die Schnecke aufrecht stehend gedacht. Die Basis modioli liegt unten, die Cupula oben, die Scala tympani ist die untere, die Scala vestibuli die obere Treppe. Aussen und innen bezieht sich auf die senkrechte Axe des Modiolus; „spiral" bedeutet parallel der Längsaxe des Ductus cochlearis, „radiär" senkrecht darauf.

Ductus cochlearis. In den spiralförmigen Kanal, den die knöcherne Schnecke bildet, ragt von der Innenwand die *Lamina spiralis* primaria s. interna s. ossea hervor. Ihr freier äusserer Rand wird von der aus osteogenem (S. 126) Gewebe bestehenden *Crista spiralis* überkleidet, die nach aussen mit zwei feinen Lippen, dem Labium vestibulare und Labium tympanicum (Fig. 76 *Lv, Lt*) endigt. Von dem letzteren geht eine Bindegewebs-Membran, die *Lamina basilaris* s. Lamina spiralis membranacea, aus und heftet sich an die gegenüberstehende Wand des knöchernen Schneckenkanals. In der ersten Windung wird ihr Ansatz durch eine feine knöcherne Hervorragung markirt: *Lamina spiralis secundaria* s. externa. Die Lamina basilaris zerfällt in eine innere Zone, *Zona nervea,* und in die etwas breitere äussere Zone oder *Zona pectinata.*

Fig. 76.



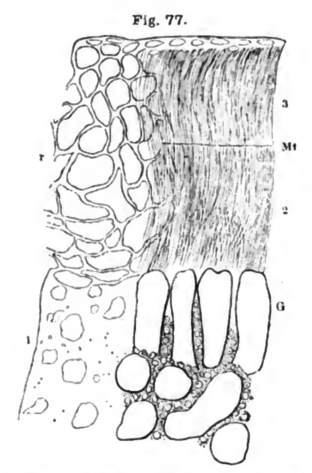
Querdurchschnitt durch die zweite Schneckenwindung. V. 80/30. *Scv* Hohlraum der Scala vestibuli. *Sct* Hohlraum der Scala tympani. *g* Ganglion cochleare, von welchem sich das dunkle Bündel des N. acusticus innerhalb der Lamina spiralis zum Ductus cochlearis begibt. *D* Hohlraum des Ductus cochlearis. *Lv* Labium vestibulare der Crista spiralis. *Lt* Labium tympanicum derselben. *Lb* Lamina basilaris auf dem Querschnitt, auf derselben der Arcus spiralis und die Papilla spiralis *Psp*. *Lgsp* Ligamentum spirale. *Stv* Stria vascularis mit Gefässen. *Prsp* Prominentia spiralis. *Mv* Membrana vestibularis.

Von dem inneren Ende der Crista spiralis erhebt sich schräg aufsteigend eine zweite Bindegewebsmembran, welche sich weiter entfernt von der Scala tympani an das Gehäuse des knöchernen Schneckenkanals anheftet. Dies ist die *Membrana vestibularis* s. Reissneri.

Die Membrana vestibularis und basilaris werden längs der Innenwand des Gehäuses durch eine dritte Membran unter einander verbunden. Dieselbe besteht aus dem an den Knochen angewachsenen *Ligamentum spirale* und der *Stria vascularis,* welche die freie Fläche des letzteren überzieht. Die genannten drei Membranen zusammen bilden den dreiseitigen ***Ductus cochlearis*** oder häutigen Schneckenkanal. Sein Querschnitt hat eine dreieckige Form; die Basis wird von der Lamina basilaris und der Crista spiralis gebildet; seine äussere Kathete ist die kleinste und nach innen concav (Stria vascularis), seine innere Kathete (Membrana vestibularis) die dünnste. Der Ductus cochlearis trennt die beiden Scalae: letztere sowohl als der Ductus enthalten wässrige Flüssigkeit. Die Scalae communiciren mit einander durch das Helicotrema, ihre Flüssigkeit ist Perilymphe, die des Ductus cochlearis ist Endolymphe, und steht letzterer durch den Canalis reuniens mit dem Sacculus in Verbindung.

Die Lamina spiralis besteht aus zwei Knochenlamellen: einer oberen vestibularen und unteren tympanalen, welche nach ihrem freien äusseren Rande hin sich einander etwas näheren. Ihre Knochenkörperchen sind mit ihrer Längsaxe von innen nach aussen gestellt, vielstrahlig mit sehr feinen Ausläufern. Soweit sie im Ductus cochlearis liegt, wird die Lamina spiralis an ihrem freien Ende und der oberen Fläche von der *Crista spiralis* überzogen. Diese besteht aus osteogenem Gewebe, nämlich aus einer homogenen, mit sternförmigen Zellen und einzelnen Faserzügen durchsetzten knorpelharten Bindesubstanz. Die Faserzüge verlaufen an der Lamina spiralis der letzteren parallel und steigen zum Theil senkrecht aufwärts gegen die freie Oberfläche der Crista. Diese osteogene Substanz beginnt dünn am Anfange des äusseren Drittheils der Lamina, mit deren Periost zusammenhängend, verdickt sich zu einer Platte von 0,4 Mm. Breite und bis 0,04 Dicke, die eben als Crista spiralis bezeichnet wird. Ihre obere Fläche ist mit flachen länglichen Wülsten und rundlichen Warzen versehen, welche zwischen sich Furchen lassen, die mit kleinen eckigen, dunkel granulirten, kernhaltigen Zellen ausgefüllt sind (Fig. 77). Nach dem Ursprung der Membrana vestibularis hin hören die Wülste auf und die genannten kleinen Zellen schliessen sich an das Epithel dieser Membran an. Auf dem freien Rand der Crista spiralis springen die äussersten Wülste in Form von scharfen *Gehörzähnen* (Fig. 77 *G*) vor.

Fig. 77.



Flächenansicht des Labium vestibulare und der Membrana tectoria. V. 700/400. *G* Gehörzähne von der Fläche, zwischen denselben die kernhaltigen granulirten Zellen. *Mt* Membrana tectoria, von den Gehörzähnen entspringt die streifige mittlere und äussere Zone (2 und 3), getrennt durch eine querlaufende Linie. *1* Innere Zone der Membrana tectoria mit rundlichen Löchern, welche den Gehörzähnen entsprechen, die darunter lagern: hier ist diese Zone isolirt. *r* Netzförmige Fasern, welche die oberflächliche Schicht der mittleren und äusseren Zone überlagern.

Wülste und Zähne zeigen an ihrer freien Fläche nach Silberbehandlung platte Endothelien, die zusammen mit den in den Furchen gelegenen kleinen Zellen eine ebene Oberfläche darstellen. Die Summe der Gehörzähne durchzieht als *Labium vestibulare* der Crista spiralis den ganzen Ductus cochlearis.

Unter dem Labium vestibulare ragt die Lamina spiralis nach aussen vor, und endigt in einem scharfen Rande: *Labium tympanicum.* An seiner unteren Fläche wird dasselbe von einer verdickten glashellen Bindesubstanz umkleidet, welche sich nach innen in das Periost der unteren Oberfläche der der Scala tympani zugekehrten Lamelle der Lamina spiralis fortsetzt. Zwischen beiden Labien, vom Labium vestibulare überragt, bildet sich der *Sulcus spiralis:* ein spiralförmiger Halbkanal, dessen innere Wand noch von dem beschriebenen osteogenen Gewebe gebildet wird, während seinen Boden eine dünne glashelle Fortsetzung der Crista spiralis einnimmt, die hier die Stelle des Periosts der Lamina spiralis vertritt. Dieselbe zeigt auf ihrer oberen Fläche in Abständen leicht angedeutete radiäre Streifen, analog den Gehörzähnen. Am freien Rande des Labium tympanicum finden sich in regelmässigen Abständen nach oben gerichtete, spaltförmige, an ihrem oberen Ende mehr rundlich verengerte (Fig. 79 *A. B, Lt*) Perforationsöffnungen, *Foramina nervina* s. Habenula perforata.

Lamina basilaris. Vom freien Rande des Labium tympanicum setzt sich in der Ebene des Bodens des Sulcus spiralis die aus drei Lagen bestehende Lamina basilaris fort (Fig. 79 *A.* Fig. 78 *Lb*). Ihre Hauptmasse oder mittlere Lage wird von einer structurlosen sehr festen Glasmembran gebildet. An deren unterer Seite befindet sich ein bindegewebiges Stratum oder die untere Lage, welches etwa bis zur Mitte der Lamina nach aussen sich erstreckt und aus langgestreckten Inoblasten mit ovalen Kernen in deren Mitte besteht. Die daraus gebildeten Faserzüge laufen in spiraler Richtung, d. h. der Axe des Schneckenkanals parallel. Nach der Scala tympani hervorspringend liegt in diesem Bindegewebsstratum etwas nach aussen vom Labium tympanicum ein capillares Gefäss, *Vas spirale*, das den ganzen Ductus cochlearis durchzieht und sein Blut durch Anastomosen mit Capillaren erhält, welche die Bündel doppeltcontourirter Nervenfasern in der Lamina spiralis begleiten.

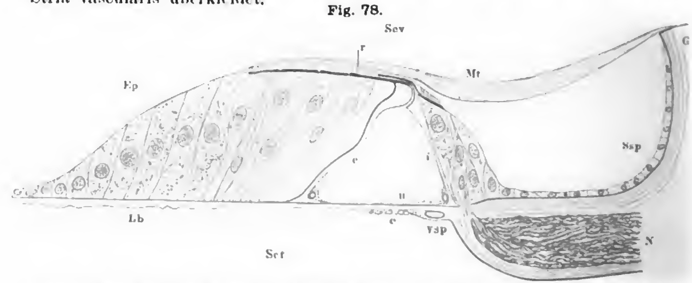
Im äusseren Theile der Lamina basilaris ist die nach der Scala tympani gekehrte Fläche mit glasartig homogenen Hervorragungen besetzt. An der oberen Fläche der Membran liegt eine einfache Lage von radiären, geradlinigen, einander ganz parallelen starren Fasern, die grosse Elasticität besitzen und saitenähnlich gespannt sind. Auf Umschlagsstellen und Querschnitten erscheinen sie punktförmig und bilden den äussersten Saum der Membran oder deren obere Lage. Sie sind sehr deutlich in der Zona pectinata, die dadurch auf der Flächenansicht einige Aehnlichkeit mit den Zähnen eines Kammes erhält, wovon sie ihren Namen trägt. In der Zona nervea sind die Fasern sehr viel zarter, sie stehen mit den Fussplatten der unten zu beschreibenden Pfeiler in Verbindung. Unter einander werden sie durch eine hyaline Zwischensubstanz verkittet, die in der Zona nervea stärker entwickelt ist. Nach innen hängen sie mit den Fasern des Labium tympanicum, nach aussen mit dem Lig. spirale zusammen.

Die Membrana vestibularis (Fig. 76 *Mv*) ist viel dünner als die Lamina basilaris und äusserst zart. Sie besteht aus feinfasrigem Bindegewebe mit eingestreuten ovalen Kernen und trägt auf ihrer, dem Hohlraum des Ductus cochlearis zugekehrten Seite polygonale Platten-Epithelien, die wandständige Kerne besitzen; auf der vestibularen Seite findet sich eine dünnere

Schicht von Endothelien. Beim Erwachsenen sind ihre Blutgefäss-Capillaren noch deutlich zu erkennen, aber obliterirt; sie bilden polygonale Maschennetze.

Das Ligamentum spirale stellt einen spiralförmigen, auf dem Querschnitt sichelförmig nach oben zugeschärften Bindegewebsstreifen dar, der aus spindelförmigen Inoblasten besteht. Seine Dicke in der Richtung von aussen nach innen ist in der Ebene der Lamina spiralis am bedeutendsten. Hier setzt sich die Lamina basilaris an einen auf dem Querschnitt dreieckigen Theil des Ligaments an (Fig. 76 *Lgsp*), der als Lig. spirale im engeren Sinne unterschieden, irrthümlich auch als aus glatten Muskelfasern bestehend, M. cochlearis, angesehen wird. In der ersten Hälfte der untersten Windung enthält dieser Theil die Lamina spiralis secundaria. Der unterhalb der Lamina basilaris gelegene Abschnitt des Lig. spirale ist lockerer und gefässreicher; der oberhalb befindliche besteht aus mit der Wandung concentrischen Faserzügen; nach oben und unten hängt jeder Abschnitt mit dem benachbarten Periost des knöchernen Schneckenkanals zusammen. Die dem Hohlraum des Ductus cochlearis zugekehrte concave Fläche des Lig. spirale wird von der Stria vascularis überkleidet.

Fig. 78.



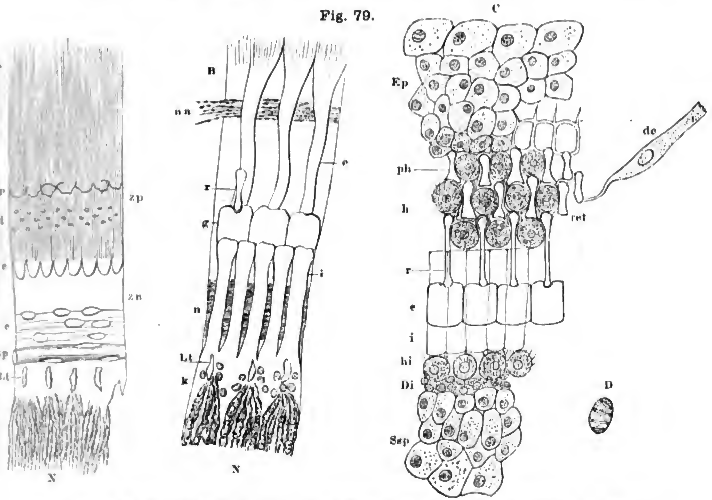
Querschnitt durch den Arcus spiralis. V. 1000/600. *G* Gehörzahn des Labium vestibulare. *Ssp* Epithel des Sulcus spiralis. *N* Bündel des N. acusticus, mit blassen Fibrillen in den Ductus cochlearis eintretend. *vsp* Vas spirale. *Lb* Lamina basilaris mit den hyalinen Warzen ihrer tympanalen Fläche und ihrer Bindegewebslage *c* neben dem Vas spirale. Das Bindegewebe erscheint auf dem Querschnitte punktirt. *Scv* Raum der Scala vestibuli. *Sct* Raum der Scala tympani. *r* Vier äussere Haarzellen, mit Haarbüscheln an ihrer freien Fläche; zwischen den Zellen drei äussere Deckzellen, auf dem Querschnitt spindelförmig erscheinend. *e* Aussenpfeiler. *i* Innenpfeiler, den Arcus spiralis bildend. *Ep* Epithel der Papilla spiralis auf dem inneren Rande der Zona pectinata. An dem Aussenpfeiler zeigt sich oben der Gelenkkopf mit seinem eingelenkten Ruder, an letzteres schliesst sich eine Phalange; beide bilden scheinbar den freien Rand der äusseren Haarzellen, in Wahrheit umgeben sie denselben ringförmig. Auf dem Durchschnitt sind vier äussere Haarzellen und drei äussere Deckzellen sichtbar, von welchen die innerste sich mittelst eines Ausläufers an das äussere Ende des Ruders *r* inserirt. Der Innenpfeiler zeigt eine concave Gelenkpfanne zur Aufnahme des Gelenkkopfes des Aussenpfeilers, letzterer wird überlagert von der Deckplatte des Innenpfeilers, die auf diesem Durchschnitt als feine Linie erscheint. Nach Innen schliesst sich an den Innenpfeiler zunächst die innere Haarzelle an mit ihren nach oben und innen gerichteten Haaren, dann folgt eine Lage von drei spindelförmigen inneren Deckzellen, weiter nach innen das polygonale Platten-Epithel des Sulcus spiralis. *n* Erstes spirales Bündel feiner variciöser Fibrillen des N. acusticus auf dem Querschnitt als Lage feiner Pünktchen erscheinend auf dem Boden des Arcus spiralis. *Mt* Membrana tectoria, mittlere und äussere Zone, deren Grenze bei der inneren Haarzelle liegt. Die mittlere Zone ist etwas dicker und überbrückt den Sulcus spiralis; die äussere endigt jenseits der letzten äusseren Haarzelle.

Die Stria vascularis (Fig. 76 *Stv*) enthält zahlreiche gewundene Capillargefässe, welche in den Ductus cochlearis hinein Hervorragungen bilden. Ihre Zwischenräume werden von kleinen, rundlich-polygonalen, bräunliche Pigmentkörnchen führenden Epithelzellen ausgefüllt, die lange Ausläufer in die Tiefe schicken. Die Aussenfläche dieses Gefässstreifens heftet sich an

die concave Innenfläche des Lig. spirale. Nahe oberhalb des Ansatzes der Lamina basilaris an den hier dreieckigen Querschnitt des Lig. spirale erzeugt die Stria vascularis einen spiralförmigen, an einzelnen Stellen seines Verlaufs ein Capillargefäss, Vas spirale externum, enthaltenden Wulst: *Prominentia spiralis* (Fig. 76 *Prsp*) s. Lig. spirale accessorium.

Das Epithel des Ductus cochlearis (Fig. 76, Fig. 79 *C*) bildet eine continuirliche, einer homogenen Basalmembran aufsitzende einfache Zellenlage.

Fig. 79.



Flächenansichten der unteren Wand des Ductus cochlearis, von dessen Hohlraum her gesehen. **A.** V. 350. Lamina basilaris von der Fläche. *N* Doppeltcontourirte Bündel des N. acusticus. *Lt* Perforationsöffnungen oder Foramina nervina im Labium tympanicum. *Vsp* Vas spirale. *c* Bindegewebslage auf der tympanalen Seite der Lamina basilaris. *Zn* Zona nervea der letzteren. *Zp* Zona pectinata der Lamina basilaris. *e* Fussplatten der abgerissenen Aussenpfeiler. *st* Ansatz der Stiele von drei Reihen äusserer Haarzellen an die Lamina basilaris; die Ansätze der vierten Reihe sind nicht sichtbar. *Ep* Ansatz der innersten polygonalen Epithelzellen an die Zona pectinata der Lamina basilaris. — **B.** Die Innen- und Aussenpfeiler von der Fläche. V. 800. *N* Bündel des N. acusticus. *Lt* Perforationsöffnungen des Labium tympanicum. *k* Körner von zerstörten inneren Deckzellen stammend, die eintretenden Nervenbündel umgebend. *i* Innenpfeiler, *e* Aussenpfeiler, es kommen hier etwa fünf der ersteren auf drei der letzteren. *g* Gelenkende des Aussenpfeilers. *r* Ruder desselben. *n* Erstes Bündel spiraler varicöser Nervenfibrillen, auf dem Boden des Arcus spiralis gelegen. *nn* Zweites Bündel von solchen unterhalb der Aussenpfeiler gelegen, am Rande frei hervorragend. — **C.** Oberfläche des Arcus spiralis und der Papilla spiralis von der Fläche. V. 800. *Ssp* Epithel des Sulcus spiralis. *Di* Innere Deckzellen. *hi* Innere Haarzellen. *i* Gelenkenden der Innenpfeiler. *e* Gelenkenden der Aussenpfeiler. *r* Ruder derselben. *h* Drei Reihen äusserer Haarzellen alternirend gestellt, wie sie bei Säugethieren vorhanden sind, während der Mensch vier Reihen (Fig. 78) besitzt. *Ep* Epithelzellen des äusseren Abhanges der Papilla spiralis. *ret* Membrana reticularis, die in den Löchern gelegenen äusseren Haarzellen sind entfernt, an die Reihen von Phalangen *ph* der Membran schliessen sich nach innen die Ruder, nach aussen quadratische Ringe bildende starre Fasern, welche sich zwischen die Oberflächen der Epithelzellen auf dem Abhange der Papilla spiralis fortsetzen. *de* Aeussere Deckzelle isolirt mit ihrem oberen Fortsatz an der Membrana reticularis zwischen zwei Phalangen sich anheftend. Das untere auf der Membrana basilaris ursprünglich aufsitzende, hier freie Ende der Zelle ist ausgezackt. — **D.** Spiralkörper aus einer äusseren Deckzelle des Kaninchens isolirt, von vier Touren einer Spiralfaser umsponnen. V. 2000/1000. — Darstellungsmethode s. Fig. 75.

Die Membran entspricht der Wandung des embryonalen kugligen *Gehörbläschens*, der ersten Anlage des Gehörorgans, welche inwendig von einfachem polygonalen Epithel bekleidet ist. Das erstere entwickelt sich aus einer Einstülpung des Hornblatts. Ausstülpungen des primitiven Gehörbläschens erzeugen die häutigen Bogengänge und den spiralförmig gewundenen Ductus cochlearis; Abschnürungen bewirken die Trennung der beiden Sacculi sowie die Bildung des Canalis reuniens, und auch der Aquaeductus vestibuli ist der ausgezogene, abgeschnürte, blind endigende Stiel des Gehörbläschens.

Die Grösse und Form der Epithelzellen an der Innenwand des ganzen häutigen Labyrinths wechselt mannigfach. Besonderheiten treten namentlich dort hervor, wo die Nervenfasern des Acusticus in Vorhof und Schnecke unter eigenthümlichen Neuro-Epithelien endigen; am complicirtesten und abweichendsten aber sind die Epithelialzellen des Ductus cochlearis gestaltet.

Dieses Epithel ist in Betreff der Membrana vestibularis und Stria vascularis bereits beschrieben. An der oberen Seite der Crista spiralis wird es durch die zwischen den Gehörzähnen und in den Furchen zwischen den Wällen und Warzen dieser Lamina gelegenen Zellen repräsentirt. Es kleidet den ganzen Ductus cochlearis aus und besteht zunächst im Sulcus spiralis aus einer einschichtigen Lage grosser heller polygonaler Zellen, Claudius'sche Zellen, deren Dickendurchmesser von innen nach aussen zunimmt (Fig. 78 *Ssp*). Aehnliche Zellen überlagern die Zona pectinata; sie nehmen von deren äusserem Ende gegen die Prominentia spiralis der Stria vascularis aufsteigend an Höhe zu. Grössere mehr cylindrische Zellen, Stützzellen, bedecken in einfacher Lage das innere Ende der Zona pectinata und bilden hier einen der Höhe des Labium vestibulare der Lamina spiralis beinahe gleichkommenden spiralförmigen Wulst (Fig. 76 *Psp*). Die innersten Zellen desselben sind an die obere Fläche der Lamina basilaris mit ihren Rändern fest angeheftet. Beim Abreissen bleiben letztere häufig zurück und bilden, von der Fläche gesehen, offene Polygone (Fig. 79 *A*, *Ep*). Auf dem Querschnitt der Lamina basilaris erscheinen letztere Figuren nur als vorspringende kleine spitze Zacken.

Nerven-Epithel des Ductus cochlearis. Zwischen jenen langen cylinderförmigen Epithelialzellen, welche den inneren Rand der Zona pectinata überdecken, und den äussersten Zellen des Sulcus spiralis, also die ganze Zona nervea der Lamina basilaris in Anspruch nehmend, findet sich ein eigenthümlich complicirtes System von modificirten Epithelialzellen, das Nerven-Epithel der Schnecke, akustischer Endapparat, Corti'sches Organ, welches auf dem Querschnitt des Ductus cochlearis als wulstförmige Erhebung sich zeigt: *Papilla spiralis*. Dieselbe setzt sich zusammen aus dem eigenthümlichen Epithel der Zona nervea und aus jenem von längeren Zellen des inneren Saumes der Zona pectinata gebildeten Wulst, welcher mit sanfter Abdachung vom äusseren Rande des Nerven-Epithels zu dem niedrigen Platten-Epithel der übrigen Zona pectinata hinüberleitet (Fig. 78). Von dem Durchtritt der Acusticusfasern (S. 136) durch die Foramina nervina des Labium tympanicum erhebt sich schräg aufsteigend eine Reihe von sehr langgestreckten Zellen, welche längs der ganzen Lamina spiralis vorhanden sind und Innenpfeiler genannt werden. Mit deren freiem oberen Ende stehen ebenfalls schräg gerichtete Aussenpfeiler in Verbindung, und bilden einen Bogen, *Arcus spiralis*, unter welchem sich ein spiralförmiger Hohlraum oder *Tunnel* befindet. (Innen- und Aussenpfeiler zusammen sind als Zähne zweiter Reihe Corti's, innere und äussere Bogenfasern, Stäbchen, Gehörstäbchen u. s. w. bezeichnet worden.)

Die *Innenpfeiler* sind gestreckte starre Bänder, deren Dicke etwa 1/4 ihrer Breite beträgt. Ihre breiten Flächen sind dem Hohlraum unter dem Bogen zugekehrt. Sie bestehen aus Fussplatte, Körper, Gelenkende (Kopf), Deckplatte (Kopfplatte) und innerer Pfeilerzelle. Der Körper hat die be-

schriebene Bandform und sitzt mittelst der etwas verbreiterten länglich-viereckigen Fussplatte der Zona nervea der Lamina basilaris auf. In dem spitzen Winkel zwischen letzterer und dem Körper befindet sich die *innere Pfeilerzelle*, innere Bodenzelle. Sie besteht aus einem platten ovalen Kern nebst einer dünnen Lage von körnigem Protoplasma und zieht sich von der Fussplatte aus an der dem Hohlraum unter dem Arcus spiralis zugekehrten Seite des Innenpfeilers in die Höhe (Fig. 78). Das Gelenkende hat eine kolbige Verdickung, die von ihrer äusseren Seite her halbkugelförmig concav ausgehöhlt ist und zur Aufnahme des convexen Gelenkkopfes des Aussenpfeilers dient. Die Deckplatte ist ausserordentlich dünn; sie steht ziemlich parallel der Ebene der Lamina basilaris, und zeigt an ihrer unteren Fläche eine Längsfurche, in welche das Ruder des Aussenpfeilers eingelegt ist, die jedoch nicht an allen Innenpfeilern sich findet. Nach innen schickt das Gelenkende des Innenpfeilers einen etwas schräg gegen die Lamina basilaris absteigenden zugespitzten Fortsatz, der an denjenigen Innenpfeilern etwas länger ist, welche denselben zwischen zwei innere Haarzellen (S. 132) entsenden. Das kolbige Gelenkende wird in verdünnten Chromsäure-Lösungen granulirt, und diese Körnchen sind für das Protoplasma einer platten, dem Gelenkende im Dache des Arcus anliegenden Zelle gehalten worden.

Die Substanz des Innenpfeilers ist längsfasrig, leicht zerstörbar durch Wasser und Alkalien, dagegen in Säuren resistent, wobei durch verdünnte Chromsäure und Osmiumsäure die Längsstreifung verschwindet. Die Längsfasern setzen sich durch die Fussplatte auf die Lamina basilaris fort und verschmelzen mit den ähnlichen Fasern, welche die obere Schicht der genannten Lamina bilden. Während die Fussplatten, die Gelenkenden und Deckplatten dicht an einander stossen, bleiben schmale Spalten in der Flächenansicht zwischen den Körpern von je zwei Innenpfeilern übrig.

Die *Aussenpfeiler* sind in geringerer Zahl als die Innenpfeiler (Fig. 79 *B*) vorhanden, so dass auf vier Innenpfeiler nur drei Aussenpfeiler kommen. Die letzteren bestehen ebenfalls aus einer äusseren Pfeilerzelle (äussere Bodenzelle), Fussplatte (Glocke), Körper, Gelenkende (Kopf) und einem an letzterem eingelenkten Ruder. Die Aussenpfeiler sind etwas länger als die Innenpfeiler. Ihr Körper ist drehrund, dünner als die Breite der Innenpfeiler, so dass zwischen je zwei Aussenpfeilern grössere Zwischenräume (Fig. 79 *B*) bleiben, wozu die geringere Anzahl der Aussenpfeiler wesentlich beiträgt. Der Körper ist leicht S-förmig gebogen, ebenfalls fasrig und die Fasern setzen sich in die dickere, auf dem Querschnitt dreieckige, auf der Flächenansicht bauchige (Fig. 79 *A*, *e*) Fussplatte fort. Diese Fasern gehen nach aussen in die Fasern der Zona pectinata über, indem sich jede einzelne an eine der letzteren anlegt und mit derselben verschmilzt.

Das Gelenkende der Aussenpfeiler ist ein nach unten und innen convexer, halbkugelförmiger Gelenkkopf, welcher in die Pfannen von zwei oder drei daran stossenden Innenpfeilern genau passt. Es kann nämlich die Längsaxe eines Innenpfeilers in derselben auf die Lamina basilaris senkrechten Ebene mit der Längsaxe eines Aussenpfeilers liegen: in diesem Falle berühren drei Innenpfeiler denselben Aussenpfeiler; gewöhnlich aber nur zwei. Vom Hohlraum des Ductus cochlearis her gesehen erscheinen die Gelenkenden der Aussenpfeiler als viereckige, einander berührende Platten, welche an die analogen Enden der Innenpfeiler anstossen (Fig. 79 *C*, *ei*). Die ersteren werden überdeckt von den dünnen Deckplatten der Innenpfeiler. An dem peripherischen Ende des Gelenkkopfes jedes Aussenpfeilers sitzt ein in eine längliche Vertiefung eingelenktes Ruder, von cylindrischer Gestalt, mit nach innen gele-

genem Gelenkknopfe und einer an das äussere Ende des cylindrischen Mittelstücks sich anschliessenden Ruderplatte. Die Ebene der letzteren steht, wie das ganze Ruder und die darüber liegende Deckplatte des Innenpfeilers, ebenfalls der Lamina basilaris parallel. Da die Zahl der Aussenpfeiler geringer ist, so zeigt nicht jede Deckplatte der Innenpfeiler die beschriebene Längsfurche zur Aufnahme des Ruders.

In chemischer Beziehung stimmen die Aussen- mit den Innenpfeilern vollständig überein. Sie sind biegsamer und von geringerer Elasticität, wurden daher Saiten genannt und die Innenpfeiler Stege (Helmholtz). Das Gelenkende wird in Chromsäure ebenfalls granulirt und zeigt häufig eine linsenförmige Spalte, die für den Kern einer an der äusseren Seite des Gelenkkopfes unterhalb des Ruders dem ersteren anliegenden platten Zelle genommen worden zu sein scheint.

Die *äusseren Pfeilerzellen* haben mehr kuglige Kerne und eine dünne, an dem Körper des Pfeilers aufsteigende, feinkörnige Protoplasma-Masse (Fig.78). Sie sind an dem Fussende zwischen Fussplatte und Körper eingeklemmt, und senden dünne, der Membrana basilaris aufgelagerte Protoplasmastreifen nach innen, den inneren Pfeilerzellen entgegen. Diese Streifen geben dem Boden des Tunnels, von oben gesehen, eine feinkörnige Beschaffenheit.

Aussen- und Innenpfeiler haben jeder den Werth einer Zelle, die nur einen Kern: den Kern der Pfeilerzelle, besitzt. Das Protoplasma der letzteren ist Rest des embryonalen; der Pfeiler selbst als Umwandlungsproduct des grösseren Theiles des Protoplasma's der embryonalen Epithelzelle des Ductus cochlearis, welche zum Pfeiler incl. Pfeilerzelle wird, aufzufassen.

An die schräge vestibulare Fläche der Innenpfeiler legen sich kegelförmige Zellen (Fig.78), von denen eine auf etwa zwei Innenpfeiler kommt, so dass sie eine Reihe bilden. Sie heissen *innere Haarzellen.* Die kreisförmige, dem Hohlraum des Ductus cochlearis zugekehrte Fläche ist nämlich mit sehr leicht zerstörbaren, feinsten, zugespitzten Haaren besetzt. Das Protoplasma der Zellen ist körnig, ihre Kerne eiförmig. Nach der Membrana basilaris hin gehen die inneren Haarzellen in glänzende homogene Fäden über, die sich mit dreieckiger Basis der Membrana basilaris anheften. Die freien kreisförmigen Endflächen der Haarzellen werden von homogenen, etwa halbkreisförmigen Ringen umgeben, welche sich an die erwähnten Fortsätze der Gelenkenden der Innenpfeiler da befestigen, wo je zwei der letzteren zusammenstossen. Da deren Deckplatten etwas schmäler sind als die inneren Haarzellen, so kommen einige Innenpfeiler in dieselben senkrecht zur Axe des Ductus cochlearis gelegenen Ebenen zu stehen, wie die zugehörigen Haarzellen; an solchen Innenpfeilern sind die Fortsätze kürzer. Diese im Profil dreieckigen Fortsätze haften isolirten Innenpfeilern an und sind dem Ruder der Aussenpfeiler homolog.

Die inneren Haarzellen werden von den benachbarten Epithelzellen des Sulcus spiralis durch länglich-spindelförmige oder dreistrahlige, kernhaltige Zellen: *innere Deckzellen*, innere untere Deckzellen, Körnerschicht, getrennt: dieselben liegen in mehrfacher Schicht über einander, ihre Ausläufer durchkreuzen sich und setzen sich an die Membrana basilaris, sowie an die Ringe, welche die inneren Haarzellen umgeben. Ihre Zahl ist 2 bis 3mal grösser als die der letzteren (Fig. 79 *C, Di*).

Peripherisch schliessen sich an die Aussenpfeiler vier Reihen von Zellen: *äussere Haarzellen*, Corti'sche Zellen, äussere obere Deckzellen, an, welche in jeder Beziehung mit den inneren Haarzellen übereinstimmen. Jedoch findet sich im oberen Theil der Zelle in einiger Entfernung vom Kern ein eigenthümlicher Spiralkörper, der von den inneren Haarzellen noch nicht bekannt ist. Derselbe ist oval, 0,006 lang, kleiner und dunkler als der Zellenkern. Seine Substanz ist feinkörnig und von einem glänzenden, nur bei sehr starken Vergrösserungen wahrnehmbaren Spiralfaden (Fig. 79 *D*) umwickelt. Die Ver-

bindungslinien der Centra der äusseren Haarzellen jeder Reihe laufen der Axe des Ductus cochlearis parallel; der Abstand dieser Linien unter einander ist so gering, dass erst bei genauer Nachforschung sich vier Reihen (statt nur drei bei Säugethieren) ergeben. Sie setzen sich mit ihren fadenförmigen, in stumpfem Winkel gebogenen Ausläufern und scheinbar dreieckiger, in Wahrheit trompetenförmiger Basis an die Membrana basilaris, auf welcher ihre Basis beim Abreissen der Zellen zurückbleiben kann (Fig. 79 *A*, *st*). Die Zahl dieser Befestigungspunkte ist geringer als die Zahl der radiären Fasern in der Zona pectinata: jede Basis hängt mit 2—3 Fasern der letzteren zusammen. Während die Zahl der inneren Haarzellen etwa halb so gross ist als die der Innenpfeiler, entspricht in jeder Reihe der äusseren eine Haarzelle einem Aussenpfeiler, indem vier äussere Haarzellen auf jeden Aussenpfeiler kommen. Die Reihen sind alternirend geordnet, so dass zwischen je zwei Zellen der einen Reihe eine aus der benachbarten Reihe sich herandrängt (Fig. 79 *C*). Die freie Oberfläche aller Haarzellen ist mit den geschilderten unbeweglichen Häärchen besetzt.

Zwischen den äusseren Haarzellen liegen die *äusseren Deckzellen,* Haarzellen, Deiters'sche Zellen, Basilartheile der äusseren Haarzellen, ihnen an Zahl genau entsprechend und ihre Zwischenräume ausfüllend. Die innerste der vier Reihen äusserer Deckzellen liegt zwischen erster und zweiter der äusseren Haarzellen; die äusserste grenzt an die innerste Epithelialzelle der Zona pectinata. Die Körper der äusseren Deckzellen sind oval, nach der Lamina basilaris hin in eine sanft gebogene platte feinkörnige Protoplasma-Masse übergehend, während nach der freien Seite hin ein homogener Faden von jedem Zellenkörper ausgeht, der sich in schräger Richtung seitwärts wendet und an einer nach aussen gelegenen Phalange der Membrana reticularis (S. 134) befestigt. Ihre Kerne sind oval, in der Mitte der Zelle gelegen; ihre Befestigung an der Membrana basilaris geschieht mittelst eingekerbter (Fig. 79 *C*, *de*) Fussplatten.

Die äusseren Haarzellen und Deckzellen haben zu sehr verschiedenartigen Auffassungen Anlass gegeben. Die Widersprüche lösen sich leicht, sobald man weiss, dass der unterhalb des Kernes gelegene Abschnitt der äusseren Deckzellen platt ist. Daher fand Deiters (1860) diesen Abschnitt (in der Profilansicht) fadenförmig, v. Winiwarter (1870) so breit wie das Mittelstück selbst (in der Flächenansicht). Die äusseren Haarzellen sind mit ihrer benachbarten Deckzelle häufig verklebt; deshalb beschrieben Gottstein (1870) und Waldeyer (1872) je ein Paar von beiden als Zwillingszelle. Die abgeplatteten Parthien benachbarter äusserer Deckzellen kleben auch unter einander öfters zusammen, was Nuel (1872) zur Annahme eines membranartigen Gebildes an dieser Stelle Veranlassung gegeben zu haben scheint. Ihre Fussplatten hinterlassen zuweilen ähnliche Abdrücke auf der Membrana basilaris, wie es die innersten Epithelzellen der Zona pectinata thun (Fig. 79 *A*, *Ep*). Die langen glänzenden Basalfortsätze der äusseren Haarzellen reissen leicht ab und kleben dann an benachbarten Haarzellen oder Deckzellen fest: so entstehen die Axenfäden im unteren Theil der Haarzellen, welche Böttcher (1859) und Henle (1866) beschrieben und die zangenartige Umfassung ihres Kernes durch einen sich theilenden Basalfortsatz nach Gottstein und Waldeyer. Haben die äusseren Deckzellen ihren an die Membrana reticularis angehefteten Faden verloren, so kann man sie leicht für Haarzellen halten. Den Spiralkörper in den letzteren entdeckte Hensen (1871) bei Kaninchen und Meerschweinchen, beim Menschen hat denselben auch Waldeyer (Stricker's Handb. v. d. Geweben. 1872. Fig. 328. *D. c*) abgebildet, ohne ihn als solchen zu erkennen; den Spiralfaden hielt Hensen für eine Nervenfaser.

Die Membrana vestibularis wurde von Reissner (1854) entdeckt; die Eigenthümlichkeiten des Neuro-Epithels im Ductus cochlearis durch Corti (1851) beschrieben, nachdem C. Krause (1842) dessen Zellen für Ganglienzellen erklärt hatte.

Membrana reticularis cochleae. Die äusseren Haar- und Deckzellen werden durch eine eigenthümliche Membrana reticularis (Fig. 79 *C*) in ihrer Lage erhalten. Dieselbe ist als Cuticularbildung aufzufassen und liegt wie eine netzförmige, aus einzelnen Gliedern zusammengesetzte, auch bräunlichgelbe Pigmentkörnchen führende Membran zwischen den freien Enden der äusseren Haarzellen. Sie besteht aus den *Phalangen* erster, zweiter und dritter Reihe, welche in ihrer Form sich den Rudern der Aussenpfeiler nähern, aber kürzer sind als diese. Die breiteren inneren und äusseren Endstücke der Phalangen, sowie das äussere Ende der Ruder sind in ihrer Mitte dünner, mehr durchscheinend. Wenn diese membranartigen Ausfüllungen der Endstücke, die sich auch in dem Mittelstück

angedeutet finden, zerstört sind, so erscheinen die Phalangen wie von einem doppeltcontourirten Saum gebildet und inwendig leer. Sie sind durch ebenfalls homogene Verbindungsstücke, die der Längsaxe des Ductus cochlearis parallel stehen, zu einer Membran vereinigt; die von den freien Enden der Haarzellen ausgefüllten Maschen sind rundlich-polygonal, nur die äussersten mehr länglich-viereckig, und letztere überdecken die Kanten der freien Enden der innersten Epithelzellen der Zona pectinata, zwischen welche sich Ausläufer der Membrana reticularis hineinerstrecken. An die Knotenpunkte ihres Netzwerkes, das dadurch in seiner Lage erhalten wird, setzen sich die fadenförmigen Ausläufer der äusseren Deckzellen fest. Nach innen befestigt sich die Membrana reticularis an den Rudern der Aussenpfeiler, welche die äusseren Haarzellen erster Reihe von einander trennen, während die Phalangen zwischen den anderen Reihen jener Zellen gelegen sind. Niemals stehen Ruder und Phalangen oder letztere unter sich in derselben auf die Lamina basilaris senkrechten Ebene, sondern stets liegen die benachbarten dieser Gebilde in der Flächenansicht alternirend neben einander, obgleich ihre Längsaxen stets einander parallel und quer zu derjenigen des Ductus cochlearis orientirt sind. Die Deckplatten der Innenpfeiler sind nicht so lang als die Ruder. Auf diese Weise communicirt daher der aus Endolymphe bestehende Inhalt des Hohlraumes unter dem Arcus spiralis mit dem Hohlraum des Ductus cochlearis vermöge einer feinsten Spiralspalte, die durch das Gelenk zwischen Aussen- und Innenpfeilern hindurchführt.

Membrana tectoria. Eine merkwürdige Einrichtung des so complicirt gebauten Ductus cochlearis repräsentirt seine Deckmembran, Membrana tectoria oder Corti'sche Membran. Dieselbe besteht aus drei Zonen (Fig. 77) und reicht vom Ursprung der Membrana vestibularis bis zum äusseren Ende der Papilla spiralis, wo sie mit einem zugeschärften oder meist abgerundeten freien Rande (Fig. 78) aufhört. Die erste oder *innere Zone* ist ein structurloses, fast unmessbar dünnes Häutchen, welches viele grössere und kleinere rundliche Löcher enthält, die den Wülsten und Warzen der Lamina spiralis ossea entsprechen. Die zweite *mittlere* und die dritte *äussere Zone* reichen von den Gehörzähnen bis zu dem genannten Rande der Papilla spiralis. Die Membran besteht aus sehr feinen, in radiärer Richtung wellig verlaufenden Fasern; an ihrer vestibularen freien Fläche werden diese beiden Zonen von einem Netzwerk hyaliner Fasern bedeckt, die polygonale Maschen zwischen sich lassen. Die Längsrichtung der letzteren geht meist parallel der Axe des Ductus cochlearis. Diese oberflächliche Lage der Membrana tectoria löst sich leicht theilweise von den fasrigen Zonen ab, hängt in Fetzen dem freien Rande der Membran an und hat Anlass gegeben zur Annahme einer äussersten (vierten) Zone, sowie der Anheftung derselben an oder unterhalb der Prominentia spiralis.

Die zweite Zone wird von der dritten nur durch eine an der tympanalen Fläche der Membrana tectoria befindliche Linie von kleinen Hervorragungen (Fig. 77 *Mt*) getrennt, die dem Innenrande der oberen Fläche der inneren Haarzellen entsprechen. Die Beschaffenheit beider Zonen ist dieselbe, die zweite ist jedoch dicker und frei über den Sulcus spiralis hinübergespannt, der dadurch zu einem nach aussen vom Arcus spiralis begrenzten Spiralkanal geschlossen wird. Derselbe enthält Endolymphe und communicirt mit dem Hohlraum des Ductus cochlearis vermöge des Umstandes, dass der freie, am äusseren Rande der Papilla spiralis endigende Saum der Membrana tectoria an letztere Papille nicht angewachsen ist. Dieser Rand erscheint auf dem Querschnitt abgerundet, selten zugeschärft, in der Flächenansicht von Oeffnungen durchbrochen. Die ganze Membran lagert auf den Haaren der inneren und äusseren Haarzellen, die in sie hineinragen, und ist analog der Membran, welche die

Otolithen der Sacculi einhüllt. Eine weitere Structur besitzt sie nicht, und sie muss als Cuticularbildung der Epithelialzellen des Sulcus spiralis etc. aufgefasst werden. Im frischen Zustande zeigt sich die Membrana tectoria gallertartig, weich, aber ziemlich vollkommen elastisch; in Chlorwasserstoffsäure quillt sie auf und kann dann den Sulcus spiralis ausfüllen, was sie auch im frischen Zustande zuweilen thut, wenn sie sich eingerollt hat; in Alkohol und Chromsäure schrumpft sie etwas zusammen; Osmiumsäure erhält sie in ihrer Lage. Vermöge ihrer Configuration bewirkt sie eine fast vollständige Ausgleichung der Unebenheiten, welche die Oberfläche der Zellen und Apparate der tympanalen Wand des Ductus cochlearis sonst darbieten würde.

Die geschilderten Verhältnisse sind im ganzen Verlauf des Ductus cochlearis wesentlich dieselben. Die Breite desselben incl. der Crista spiralis vermindert sich nach oben ein wenig: von 0,8 in der ersten auf 0,7 in der zweiten Windung; ebenso die Breite der Membrana vestibularis von 0,9 auf 0,7. Die Membrana basilaris beginnt sehr schmal im Vorhofsblindsack des Ductus cochlearis, sie wird allmälig breiter bis zum Hamulus; ebenso verlängert sich das Labium tympanicum und auch das Labium vestibulare, so dass der Sulcus spiralis in der ersten Windung am wenigsten nach oben überdacht wird. Seine Tiefe oder die Höhe des Labium vestibulare über dem tympanicum nimmt successive ab; ebenso die Breite der Crista spiralis. Der Arcus spiralis ist in den unteren Windungen steiler, der obere Winkel desselben nimmt fortwährend allmälig an Zahl seiner Grade zu. Die Länge der Pfeiler wird ebenfalls von unten nach oben immer bedeutender, die letzten Pfeiler am Hamulus sind die längsten. Entsprechend der Breitenzunahme der Membrana basilaris vermehrt sich auch die Spannweite des Arcus spiralis von unten nach oben. Die Richtung, welche die Stiele der äusseren Haarzellen und die Längsaxen der Deckzellen einhalten, sowie die Entfernung ihres Ansatzes von demjenigen der Aussenpfeiler ändert sich correspondirend. In derselben Weise nimmt die Höhe der Stria vascularis, sowie der Winkel, unter welchem sich die Membrana vestibularis vom Labium vestibulare der Lamina spiralis erhebt, successive ab. Dadurch wird es bedingt, dass, obgleich die Membrana basilaris an Breite zunimmt, doch wegen der abnehmenden Höhe sich der Flächeninhalt des Querschnittes vom Hohlraum des Ductus cochlearis von unten nach oben im Verhältniss etwa von 3 : 2 vermindert.

Im *Vorhofsblindsack* beginnt die Lamina basilaris, indem ihr Ursprung und ihr Ansatz am Lig. spirale bogenförmig in einander übergehen; die Epithelien des Labium tympanicum und der Zona pectinata treten zusammen. Das Labium vestibulare verstreicht allmälig; die Membrana vestibularis setzt sich in die Wand des Canalis reuniens fort; die Stria vascularis endigt plötzlich, aber abgerundet. Die Papilla und der Arcus spiralis resp. das ganze Nerven-Epithel der Schnecke beginnen unvermittelt; die Membrana tectoria mit zugespitztem und etwas ausgezacktem Ende.

Im *Kuppelblindsack* werden am Hamulus die Gehörzähne allmälig kürzer und niedriger, der letzte Zahn befindet sich nicht an der Spitze des Hamulus, sondern etwas treppabwärts, die letzte Strecke zeigt auch keine Zahnrudimente mehr, während sie für etwa 20 Zähne noch Raum haben würde, und stellt eine schmale platte Leiste dar. Mit den Gehörzähnen hören das Neuro-Epithel und der Arcus spiralis plötzlich auf; das Labium tympanicum reicht noch etwas weiter, nur werden seine Foramina nervina durch feinste Spalten ersetzt, von welchen die Nervenfibrillen treppabwärts zu dem ersten spiralen Nervenbündel (S. 136) der Zona nervea umbiegen. Die Lamina basilaris, Stria vascularis und Membrana tectoria endigen wie im Vorhofsblindsack; die Membrana vestibularis sackförmig in sich zurückkehrend, indem sie noch etwas über den Arcus spiralis hinausreicht.

Die Anzahl der Gehörzähne beträgt etwa 2700, der Innenpfeiler 6600, der Aussenpfeiler 4950, der inneren Haarzellen 3630, der äusseren Haarzellen 19800, bei einer Länge des Ductus cochlearis von 33 Mm. Die Foramina nervina stehen nach oben hin weiter auseinander: in der ersten Windung kommen etwa 110 auf 1 Mm.; am Hamulus nur 80 (Waldeyer, 1872); ihre Gesammtzahl beträgt etwa 3300. An ihrer Basis haben sie 0,004 bis 0,0075, an der Spitze 0,0015—0,003 Weite, stellen also Hohlkegel mit elliptischer Basis dar. In den unteren Windungen hat der Tunnel etwa 0,012 Höhe auf 0,07 Breite; die Aussenpfeiler sind 0,066, die Innenpfeiler nur 0,05 lang; die Haare der Haarzellen haben 0,004 Länge.

Bei kleineren Säugethieren ist die Crista spiralis relativ höher, das Labium vestibulare hakenförmig gekrümmt, der Sulcus spiralis daher tiefer und nach oben mehr überdacht. — Die Zahlenangaben s. b. Waldeyer (1872), der zuerst beim Menschen vier Reihen äusserer Haarzellen beschrieb.

Knochen, Nerven und Gefässe des Labyrinths. — Die **Knochensubstanz** des Labyrinths ist an den Innenwänden der Hohlräume sehr compact, auffallend spröde und



von Lücken durchbrochen, arm an Knochenkörperchen; dagegen sind von Marksubstanz durchsetzt die Lamina spiralis ossea sowie der Modiolus; auch der Innenraum des Canalis spiralis modioli wird von Knochenbälkchen durchzogen, die eine Halbirung desselben bewirken (Bd. II). Das *Periost* ist ziemlich reich an feinen elastischen Fasern, führt hier und da sternförmige bräunliche Pigmentzellen, und wird an der Innenfläche des Canalis spiralis cochleae von Endothel bekleidet; in den Canales semicirculares ossei und an der Oberfläche der membranacei ist ein solches noch nicht nachgewiesen. Dagegen finden sich zarte platte Endothelien auf der medialen Seite des Periosts, welches die Basis stapedis überzieht und in das Vestibulum schaut. Das Periost des Vorhofs ist rauh durch netzförmig angeordnete Faserbündel, die mit Bindegewebsbalken sich in Verbindung setzen, an welchen die Membranen der Vorhofssäckchen und der Canales semicirculares membranacei suspendirt sind. Auch auf deren Aussenflächen setzen sich die erwähnten Pigmentzellen fort, und vermittelst jener Bindegewebsbalken die Blutgefässe, an welchen das Periost des Labyrinths überhaupt reich ist und die, von Gefässnerven begleitet, die Absonderung der Perilymphe vermitteln.

Die Membrana tympani secundaria wird von festem Bindegewebe gebildet; ihre der Paukenhöhle zugekehrte Fläche ist von einer dünnen gefäss- und nervenhaltigen Fortsetzung der Schleimhaut der Paukenhöhle nebst Platten-Epithel überzogen.

Der Stamm des **N. acusticus** besteht aus Bündeln doppeltcontourirter Nervenfasern. Sie besitzen ein zartes Neurilem mit längsgestellten ellipsoidischen Kernen. Nach Behandlung mit Carmin, Chlorwasserstoffsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam sind die zahlreichen Neurilemkerne leicht sichtbar zu machen. Die Nn. cochleae und vestibuli verhalten sich ebenso.

Der N. acusticus enthält an seiner Eintrittsstelle in die Lamina spiralis ein im unteren Abschnitt des Canalis spiralis modioli gelegenes spiralförmiges Ganglion, *Ganglion spirale cochleae* s. cochleare (Fig. 76 *g*) eingelagert. Die Zellen desselben sind bipolar, zum Theil pigmentirt; eben solche Zellen finden sich im Stamm des N. acusticus und dem Ursprunge von dessen Vorhofsästen (Intumescentia ganglioformis, Scarpa); die Nervenverbreitung im Vorhof wurde bereits (S. 124) erwähnt. Die Bündel des N. cochleae sind im Stamm desselben vereinigt; sie entfalten sich unter einander anastomosirend in Spiralflächen. Ihre doppeltcontourirten Nervenfasern verlaufen zwischen den beiden den Scalae tympani resp. vestibuli zugekehrten Lamellen der Lamina spiralis und bleiben (Fig. 76) doppeltcontourirt, 0,0027—0,0036 dick, bis zu den Perforationsöffnungen des Labium tympanicum. Daselbst werden sie plötzlich sehr fein, varicös und treten in Bündeln von 5—6 Fibrillen durch diese Foramina nervina (Fig. 78 *N*). Nach ihrem Durchtritt werden jene Bündelchen sofort von 5—6 rundlich-ovalen, 0,003 messenden Zellkörpern (Fig. 79 *B*, *k*) der inneren Deckzellen umgeben, welche Anordnung bei den Säugethieren weniger deutlich ist. Dann treten sie unter die inneren Haarzellen und gelangen, einzeln verlaufend, oder zu zwei zwischen den der Lamina basilaris aufsitzenden Enden der Innenpfeiler unter den Arcus spiralis. Auf dessen Boden liegt dicht über der fasrigen oberen Lage der Lamina basilaris ein breites plattes spiraliges Nervenbündel (Fig. 78 *n*. Fig. 79 *B*, *n*): das *erste spirale Nervenbündel* (transversale Fasern, Deiters; longitudinale Kölliker), welches aus den durch die Perforationsöffnungen austretenden Endfibrillen sich zusammensetzt. Aehnliche schmalere platte Bündel liegen unterhalb der Aussenpfeiler resp. der äusseren Deck- und Haarzellen: *zweites* (Fig. 79 *B*, *nn*) und *drittes Bündel*, resp. zwischen deren Ansätzen an die Lamina basilaris, sowie nach aussen von der letzten Reihe derselben: *viertes Bündel*. Sie anastomosiren hier und da in sehr spitzen Winkeln unter einander und mit dem ersten Nervenbündel, oder senden dem letzteren zahlreiche feine varicöse Fibrillen, jede isolirt, zu und bilden so ein zierliches Netzwerk auf dem Boden des Tunnels. Auch gehen einzeln verlaufende Fibrillen zwischen den unteren Enden der Körper der Aussenpfeiler hindurch. Da die Pfeiler den Werth von Epithelialzellen haben, so entsteht auf diese Art ein *subepithelialer Nervenplexus* des N. acusticus, der spiralförmig die ganze Schnecke durchzieht.

Isolirte Nervenfasern, welche zwischen den Innenpfeilern hindurchtreten und unter dem Arcus spiralis frei ausgespannt oder in der Endolymphe flottirend in radiärer Richtung zwischen die Aussenpfeiler gelangen sollen, sind aus ihrer Lage gebrachte Fibrillen des ersten Bündels. Mit den Pfeilern und Pfeilerzellen treten Nervenfasern nicht in Verbindung, wie man früher glaubte. Aeltere Anatomen hielten auch die Epithelialzellen des Sulcus spiralis und der Zona pectinata für Ganglienzellen, resp. für losgelöstes Epithel der Scalae tympani und vestibuli, welche ein solches nicht besitzen, sondern nur durch Silber darstellbare Endothelien haben. Weil an die inneren und äusseren Haarzellen häufig ein zweiter varicöser Faden in Chromsäure-Präparaten sich ansetzt, hält man auch diese für Nervenendigungsapparate, wofür die Berührung ihrer Haare mit der als Dämpfungsapparat für Schallschwingungen zu betrachtenden Membrana tectoria sprechen würde, sowie das Vorhandensein eines Spiralkörpers (s. oben S. 132 und Fig. 79 *D*) in den äusseren Haarzellen.

Ueber die Nervenendigung im Vorhof wurde (S. 125) erwähnt, dass in den Maculae und Cristae acusticae zwei Arten von Epithelialzellen, die eine mit Haaren, die andere ohne dieselben vorhanden sind. Das ganze Neuro-Epithel daselbst ist von einer Otolithen führenden Cuticularmembran bedeckt. Die Verhältnisse in der Schnecke sind analog, doch stellt sich diese in jeder Beziehung als die feinere Bildung heraus. Die Membrana tectoria, das Homologon jener Cuticularbildung ist in der Cochlea frei von Otolithen, welche eine grössere Belastung jener Dämpfungsapparate bewirken. Die Membrana basilaris resp. deren starre saitenähnlich gespannte Fasern können von Wellen der Endolymphe in Schwingung versetzt und dadurch die Haare erschüttert werden, welche in jene gallertigen Membranen eingebettet sind. Die Haarzellen der Schnecke haben feinere Haare, als die des Vorhofs, und während bei letzteren das Haar im Centrum des Verdickungssaumes wurzelt, besetzen diejenigen der ersteren als dichter Rasen die freie Oberfläche der Zellen, die sie tragen. Die Deckzellen der Schnecke sind den Cylinderzellen des Vorhofs homolog: erstere liefern als Cuticularbildung die Membrana reticularis, während die Membrana tectoria den Epithelzellen des Sulcus spiralis ihre Entstehung verdankt und erst in Folge des embryonalen Wachsthums der Membrana basilaris theilweise über den Arcus spiralis zu liegen kommt.

Bei Wirbelthieren kehren dieselben Verhältnisse der Nervenendigungen wieder. Die Schnecke der Säugethiere stimmt in ihren feineren Verhältnissen mit der menschlichen überein, doch finden sich constant nur drei Reihen äusserer Haarzellen. Bei den übrigen fehlt der Arcus spiralis und die entsprechenden Epithelialzellen verhalten sich wie auf den Maculae acusticae der Säuger. Sie werden in der Vogelschnecke, sowie beim Frosch, von einer der Membrana tectoria homologen, aber gefensterten, von Otolithen freien Membran überlagert. Die flaschenförmige Lagena der Vögel, sowie der sog. Sacculus rotundus nebst Cysticula der Knochenfische sind der Säugethierschnecke homolog. Bei Petromyzon sind nur zwei Canales semicirculares vorhanden und die Cochlea wird durch eine schwache Ausbuchtung des Sacculus ellipticus repräsentirt; bei Myxine existiren nur ein Bogengang, zwei Ampullen und ein Vestibulum, welches beiden Sacculis incl. Cochlea gleichwerthig ist. Die Nervenendigung resp. das Neuro-Epithel sind bei allen Wirbelthieren (mit Ausnahme von Cyclostomen (S. 31), deren Epithelialzellen des Vestibulum mit je einem Wimperhaar flimmern) dieselben und Hörsäckchen besitzen auch Wirbellose, z. B. Krebse.

Die wirkliche Endigung des N. acusticus ist noch nicht sicher aufgeklärt. Zur Zeit sind drei Annahmen gestattet, resp. verbreitet. Die Nervenfibrillen können entweder frei, resp. auf unbekannte Art zwischen den Epithelzellen der Maculae und Cristae acusticae, sowie zwischen dem Nerven-Epithel des Ductus cochlearis endigen. Oder sie könnten zweitens mit dem Protoplasma der Haarzellen sich verbinden. Oder drittens könnten sie in diese Zellen eintreten und, in deren Längsaxe verlaufend, an die Basis der Haare (Hörhaare) sich ansetzen, wobei in den Haarzellen der Schnecke noch ein besonderes Endorgan, der Spiralkörper, hinzutreten würde. Für die zweite Vermuthung scheint die Analogie mit den von Claus und Hensen beschriebenen Hörhaaren der Krebse zu sprechen, bei welchen Thieren Analoga der Haarzellen vorhanden sind.

Der N. acusticus ist ursprünglich ein gewöhnlicher Hautnerv, nämlich nach Gegenbaur (1872) ein sensibler Dorsalast eines (des ersten — s. Gehirn) Schädelnerven, der an das embryonale Gehörbläschen (S. 130) herantritt, während der correspondirende motorische Ventralast zum N. facialis wird.

Die Arterien des Labyrinths stammen von der A. auditiva interna (aus der A. basilaris), deren Verzweigung derjenigen des N. acusticus folgt; ausserdem gibt die A. stylomastoidea (aus der A. occipitalis) einen Zweig durch die Fenestra rotunda zur Schnecke. Ein anderer Ast, *R. stapedius*, derselben Arterie tritt in der Mitte der Länge des Canalis facialis von ersterer ab; gelangt, die Membrana obturatoria stapedis perforirend, auf das Promontorium, anastomosirt daselbst mit Aestchen der A. tympanica und versorgt den Steigbügel sowie dessen Membranen resp. Periost (A. stapedia, Zuckerkandl, 1873). — Die feineren arteriellen Aeste innerhalb des Modiolus verlaufen korkzieherförmig gewunden. In den Canales semicirculares erstrecken sich feine, von Venen begleitete arterielle Aeste hauptsächlich an der concaven Seite der häutigen Bogengänge oder annähernd in der Axe der knöchernen.

Die Venen sammeln sich zur V. auditiva interna, welche als doppeltes oder dreifaches Stämmchen die gleichnamige Arterie begleitet und in den Sinus petrosus inferior oder transversus mündet. Ausserdem dringen feine Aeste durch den Aquaeductus vestibuli zum Sinus petrosus inferior und der Aquaeductus cochleae wird von einem venösen Sinus cochleae ausgefüllt, der von der ersten Schneckenwindung Blut in den Bulbus V. jugularis leitet (S. auch S. 125).

Die *Capillargefässe* sind am zahlreichsten in der Stria vascularis; sie anastomosiren mit den benachbarten des Periosts und sondern die Endolymphe des Ductus cochlearis ab. Die Capillaren der Lamina spiralis bilden längs den Nervenbündeln verlaufende längliche Maschen und senken sich theilweise in das als venöse Capillare zu betrachtende Vas spirale (S. 128); welches in der ersten Windung am weitesten ist. Membrana vestibularis, Zona pectinata und selbstverständlich die Membrana tectoria sind gefässlos.

Lymphgefässe gehen zu den Gl. cervicales profundae superiores; ihr Verhalten ist nicht genauer bekannt, doch erscheint das Vas spirale von einem hellen Saume eingescheidet, der als Lymphraum gedeutet wird; die Füllung des Sinus cochleae, die man bei Injectionen in den Subarachnoidealraum des Kaninchens erhält, beruht auf Eindringen der Masse in den Bulbus V. jugularis. Dagegen communiciren (Schwalbe, 1869) die perilymphatischen Räume längs der Scheide des N. acusticus durch die Löcher am Ende des Meatus auditorius internus hindurch mit dem Subarachnoidealraum des Gehirns und sind auch vom Subduralraum aus mit Berlinerblau anzufüllen (Key und Retzius, 1872): erstere müssen als mit Lymphe infiltrirte Spalträume betrachtet werden. Aehnliche Einrichtung vermuthet Rüdinger (1873) an der medialen Seite des N. facialis im Canalis facialis, von dessen Periost das selbstständige Perineurium des ersteren durch eine Spalte getrennt wird.

Auge.

Hülfsorgane des Auges.

Die Augenlider führen in der äusseren Haut, deren Rete mucosum öfters pigmentirt ist, und die fast nur im unteren Lide einzelne Gruppen von Fettzellen darbietet, hier und da kleine Pigmentzellen von gelblicher oder bräunlicher Färbung. Ausserdem sind kleine mit glatten Muskelfasern ausgestattete Schweissdrüsen vorhanden, deren Ausführungsgang mitunter in einen Haarbalg mündet und wenn das Wollhaar, wie es nicht selten der Fall, ausgefallen ist, scheinbar in den Ausführungsgang einer Talgdrüse sich einsenkt. Fehlt das Haar, so kann auch der Anschein auftreten, als öffne sich der Talgdrüsen-Ausführungsgang direct auf der freien Cutisfläche.

Der Tarsus besteht aus sehr schräg sich durchkreuzenden, wesentlich seiner Längsrichtung folgenden parallelfasrigen festen Bindegewebsbündeln, zwischen denen feinere elastische Fasernetze und zahlreiche kleine Inoblasten liegen.

Die Blutgefässe des Tarsus bilden weitmaschige polygonale Capillarnetze, während die äussere Haut zahlreichere erhält: die Tarsalscheibe ist der gefässärmste Theil des Augenlides. — Die quergestreiften Muskelfasern des M. orbicularis palpebrarum zeichnen sich durch ihre geringen Durchmesser aus. Dasselbe gilt vom M. ciliaris, der auf seinem Querdurchnitt vom ersteren durch *Cilien* (Bd. II) mit Schweissdrüsen (S. 107) und Talgdrüsen (S. 112) getrennt wird und die Ausführungsgänge der Meibom'schen Drüsen umgibt. — Die Meibom'schen Drüsen sind modificirte grössere Talgdrüsen; sonst vom Bau der letzteren; sie erreichen den dem Orbitalrande zugekehrten Saum der Tarsalscheiben nicht; ihre Mündungen zeigen die Zellenlagen der Epidermis, ihr Ausführungsgang verläuft meist ungespalten durch die Axe der Drüse und senkrecht auf den freien Tarsalrand; theilt sich erst kurz vor seinem Ende, selten schon früher, in zwei bis drei Aeste, an welchen, wie an dem Gange selber, auf allen Seiten zahlreiche, rundliche, rundlich-eckige oder birnförmige grosse Acini ansitzen. Dieselben sind häufig von ihrer Oberfläche her durch bindegewebige Septa eingeschnürt, die sich auf dem Querschnitt wie senkrecht stehende Bindegewebsstränge mit langen feinen verzweigten Ausläufern ausnehmen.

Eine dicke, scheinbar structurlose Membran, welche durch Alkalien sichtbar zu machen ist, umschliesst die Acini und zeigt sich am Ausführungsgange mit kleinen ovalen, durch pikrinsaures Ammoniak roth zu färbenden Kernen durchsetzt. Die Lumina sind durch angehäufte fettige Secretmassen stets undurchsichtig. Durch Goldchlorid färben sich die secernirten fettigen Bestandtheile in Form von dunkeln platten Streifen und feinverästelten Linien, welche zwischen die Epithelialzellen eindringen, wie in ähnlicher Weise durch Injection solche Räume in acinösen Drüsen (S. 37) sichtbar gemacht werden können.

Nerven kommen den Meibom'schen Drüsen nicht zu; es können aber die angeführten Secretmassen für solche Fasern, die im Innern der Acini liegen, genommen, oder wirkliche Nervenfasern, welche an den Drüsen oberflächlich verlaufen und zur äusseren Haut des Augenlides gehen, mit Drüsennerven oder Nerven für supponirte glatte Muskelfasern der structurlosen Hülle verwechselt werden. Ersteres gilt auch für die angenommenen Nerven der Talgdrüsen (S. 112).

Conjunctiva.

Die Bindehaut des Auges zerfällt in den Tarsaltheil, Uebergangstheil und die Conjunctiva bulbi oder Scleraltheil.

Im Tarsaltheil sind die Papillen auf dem den Cilien benachbarten Theile des Tarsus klein und niedrig, werden nach dem entgegengesetzten Rande hin erhabener und beinahe zungenförmig; das Epithelium hat in der tiefsten Schicht cylindrische, auf dem Papillenmantel senkrecht stehende, mit Becherzellen untermischte Zellen, nach seiner freien Oberfläche hin werden die Zellen gewöhnliches Platten-Epithel. — Im Uebergangstheil sind die Papillen von breiterer Basis, aber geringerer Höhe, ihre Dimensionen sehr wechselnd nach dem Füllungszustande der Blutgefässe, das Epithel geschichtetes Platten-

Epithel. Letzteres überzieht auch die papillenlose *Conjunctiva bulbi* und den *Annulus conjunctivae* der Cornea. Derselbe wird dadurch gebildet, dass sich Bindegewebszüge auf den oberen und unteren Rand der letzteren in Form von schmalen, durch weitere Epithel-gefüllte Zwischenräume getrennten Leisten eine kleine Strecke weit erstrecken, die auf dem Querschnitt sich wie Papillen ausnehmen. — Eine *Submucosa* der Conjunctiva fehlt im Tarsaltheil, ist im Uebergangstheil reich an elastischen Fasern, sehr dehnbar, und enthält hier, wie im Scleraltheil, einzelne Häufchen von Fettzellen. — Aus einer mit kleinen niedrigen Papillen besetzten Falte der Conjunctiva besteht die *Plica semilunaris;* die *Caruncula lacrymalis* aus Fettzellengruppen, einigen mit mehreren etwas grösseren Talgdrüsen ausgestatteten Lanugo-Häärchen und einzelnen acinösen Drüsen.

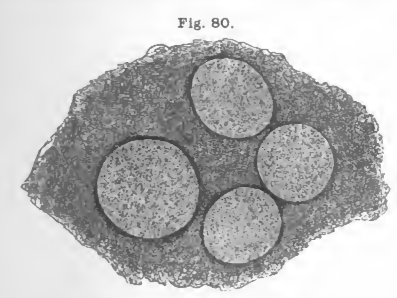
Waldeyer (1874) scheint die von W. Krause (1854) beschriebenen acinösen Drüsen der Caruncula für modificirte Schweissdrüsen zu halten, erklärt das Gebilde für ein in den medialen Augenwinkel eingeklemmtes Stück der äusseren Haut, das den Thränenabfluss verhindere, und schreibt demselben quergestreifte Muskelfasern am medialen Rande bis zur Oberfläche, sowie nach H. Müller glatte Muskelfasern zu.

Acinöse Drüsen der Conjunctiva, Krause'sche Drüsen, Schleimdrüsen der Conjunctiva, accessorische Thränendrüsen, sind vorzugsweise in der oberen Umschlagsfalte gelegen, in einer quergerichteten Reihe vom medialen Ende des oberen Lappens der Thränendrüse nach dem medialen Augenwinkel sich erstreckend, wobei ihre Grösse und Anzahl allmälig abnimmt. Gewöhnlich sind deren 12—18 vorhanden, einmal 42 beobachtet, und dann finden sich einzelne im ganzen Uebergangstheil der Conjunctiva zerstreut; im Uebergangstheil der Conjunctiva des unteren Augenlides sind nicht mehr als 2—6 vorhanden. Ihre dünnwandigen, bindegewebigen Ausführungsgänge (Fig. 18. S. 33) laufen in schräger Richtung zur Conjunctiva-Oberfläche. Die Drüsengruppe des oberen Lides wird von der Sehne des M. levator palpebrae super. durchsetzt.

Auch unmittelbar am oberen Rande des Tarsus liegen nicht selten einzelne acinöse Drüsen zerstreut (W. Krause, 1854). Von Klein (1872) und Wolfring (1872) wurde denselben ein tubulöser Bau (S. 36) zugeschrieben; Ciaccio (1874) erklärte sie für acinös. Letzterer und früher Henle (1866) halten die Spalten zwischen den Conjunctiva-Papillen des Tarsaltheils für schlauchförmige Drüsen.

Lymphfollikel der Conjunctiva. Eine zweite Drüsen-Art sind Lymphdrüsen (S. Gefässsystem): kuglige oder längliche, vollkommen geschlossene Follikel, die dicht unter der Schleimhautoberfläche liegen. Sie bestehen aus einer Bindegewebshülle, einem in dem kugelförmigen Hohlraum sich ausbreitenden Netz von feinen Capillargefässen, zwischen dessen Maschen ein zweites Netz von reticulärem Bindegewebe ausgespannt ist. In den Lücken, die zwischen diesen beiden Netzen bleiben, befinden sich etwas Flüssigkeit und zahlreiche kuglige Zellen, die mit Lymphkörperchen identisch sind.

Fig. 80.



Vier Lymphfollikel der Uebergangs-Conjunctiva. Frisch, ohne Zusatz. V. 100/10.

Die Follikel (Fig. 80) haben meist 0,4 Mm. Durchmesser, sie liegen zerstreut im Uebergangstheil der Conjunctiva, sowohl im unteren, als im oberen Augenlide, ausschliesslich in der medialen Hälfte desselben.

Blutgefässe besitzt die Conjunctiva in reichlicher Menge; die stärkeren Capillargefässe bilden ein weitmaschiges Netz im subconjunctivalen Bindegewebe, das auch die acinösen Drüsen versorgt. Aus demselben entspringen feinere Zweige, die sich unmittelbar unter dem Epithelialüberzuge zu einem engmaschigen Capillargefässnetz gestalten, welches unregelmässig polygonale Gewebsinseln einschliesst. An denjenigen Stellen, woselbst die Conjunctiva Papillen trägt, findet man in denselben Gefässschlingen; letztere kommen zuweilen unter der freien Oberfläche auch an der Conjunctiva bulbi vor, wo die Papillen fehlen. In den Papillen ist der aufsteigende Schenkel der Gefässschlinge enger, als der absteigende.

Lymphgefässe sind in der Conjunctiva bulbi sehr zahlreich, sparsamer auch in der übrigen Conjunctiva vorhanden. Am Cornealrande bilden die Lymphcapillaren ein zartes engmaschiges, aus sehr feinen Zweigen bestehendes Netz. An den Stellen, wo sich die Zweige mit einander vereinigen, finden sich Erweiterungen; gegen die Cornea hin ist das Netz grösstentheils mit sehr flachen Bogen geschlossen. Dieser ca. 1 Mm. breite Theil der Lymphgefässe wird als Circulus lymphaticus bezeichnet; an seiner äusseren Peripherie verläuft mitunter ein stärkeres ca. 0,02 messendes Grenzgefäss, welches in ziemlich regelmässiger, wenngleich öfters unterbrochener Kreisform den ganzen Cornealrand umgibt. Mit demselben hängen sehr zahlreiche in radiärer Richtung von der Cornea sich entfernende Gefässe zusammen, die durch dünnere Queräste mit einander anastomosiren. Etwa 4—5 Mm. vom Rande der Cornea entfernt, nehmen die bis dahin radiär verlaufenden Gefässe eine andere Richtung an. Sie gehen besonders im oberen Augenlide parallel mit dem Cornealrande median- oder lateralwärts, erhalten noch bedeutendere Dimensionen und münden in die mit Klappen versehenen Lymphgefässstämmchen. Letztere verlaufen nach dem medialen und lateralen Augenwinkel hin und führen schliesslich zu den Glandulae lymphaticae faciales superficiales und submaxillares. Ueberall liegen die Endausbreitungen der Blutgefässcapillaren der Oberfläche der Conjunctiva näher als die Lymphgefässe. — Die Gewebsinseln innerhalb der Blutgefässmaschen, namentlich aber die Umgebung der Lymphfollikel sind mit zahlreichen Lymphkörperchen infiltrirt, welche theils die Gewebsspalten (Saftkanälchen) durchwandern, theils in zu den Follikeln tretenden und deren kuglige Peripherie umspinnenden Lymphgefässen liegen (S. Gefässsystem, Fig. 214). — Ueber die Nerven s. Nervensystem.

Die acinösen Drüsen der Conjunctiva sind von C. Krause (1842) entdeckt und in der 2. Aufl. zuerst beschrieben. W. Krause (1854) hat sie für wässrige Flüssigkeit absondernde accessorische Thränendrüsen erklärt, und solche, wie gesagt, in der Caruncula lacrymalis, sowie mitunter bis dicht an den Tarsus des oberen Lides nachgewiesen. — Die Lymphfollikel wurden von Bruch (1853) beim Rinde entdeckt. Von W. Krause (Terminale Körperchen, 1860, S. 114) wurden sie beim Menschen (woselbst sie Ciaccio, 1874, bestätigte) und von Ersterem als constant bei Säugethieren und Vögeln (1861), namentlich in Form eines länglichen Peyer'schen (oder Bruch'schen) Haufens auf der Uebergangs-Conjunctiva des unteren Lides beim Rinde, Kalbe, Fuchs, Kaninchen, Huhn, der Taube etc. vorkommend nachgewiesen. Beim Rinde treten zur Innenfläche des Follikelhaufens stärkere Lymphgefässe; feinere Kanäle steigen, netzförmig verbunden, zwischen den Follikeln zur Oberfläche der Schleimhaut, umstricken den kugligen Follikel mit polygonalen Maschen: gegen seinen oberflächlichsten Theil convergiren sie manchmal wie Meridiane auf einer Kugel. Unter dem Epithel verlaufen einige Endzweige jener Kanäle nicht selten über grössere Strecken horizontal und endigen blind (Frey, 1866). Dieselben Follikel liegen bei Säugethieren auf der hinteren Fläche der eine hyaline Knorpelscheibe enthaltenden Palpebra tertia und ebenso auf derselben Schleimhautfläche an der homologen Plica semilunaris des Menschen. Morano (1872) fand sie normal auch beim Hund, der Katze, Pferd, Esel, der Ziege, und bestätigte sie beim Huhn. — Stromeyer (1859) und Henle (1860) hielten die von W. Krause gleichzeitig mit Ersterem als normal beschriebene Lymphinfiltration des conjunctivalen Bindegewebes für pathologisch (Trachomdrüsen). — Anderweitige Drüsen sind beim Menschen weder in der Tarsal-, noch Uebergangs-, noch Scleral-Conjunctiva vorhanden; dagegen finden sich bei Säugethieren noch zwei Formen. Rind und Ziege besitzen in der Conjunctiva bulbi Knaueldrüsen (S. 107) am medialen unteren Cornealrand, das Schwein einfache Crypten (S. 32) am lateralen und oberen Rande. Ganz nahe am Cornealrande kommen auch beim Menschen zuweilen Crypten vor (C. Krause 2. Aufl. 1841. S. 160 u. 524; Stromeyer, 1859), die jedoch nicht constant sind (W. Krause). — Im medialen Augenwinkel liegt bei Säugethieren etc. eine grössere, stark fetthaltige Zellen führende *Harder'sche Drüse*, deren Secret sich in den Conjunctivalsack ergiesst; ferner findet man acinöse Drüsen beim Rind und der Katze auf der Vorderfläche der Palpebra tertia. — Waldeyer (1874) und einmal Kölliker (1852) sahen Lymphgefässe am Cornealrande mit zackigen Ausläufern endigen.

Thränenorgane.

Die Ausführungsgänge der Thränendrüse bestehen aus Bindegewebe mit elastischen Fasern, die in der inneren Lage mehr longitudinal, in der äusseren mehr ringförmig verlaufen, und niedrigem Cylinder-Epithel. Die Drüse selbst ist eine zusammengesetzt acinöse; ihre Acini (S. 36) enthalten kein Mucin; im interstitiellen Bindegewebe zwischen denselben kommen multipolare Inoblasten vor.

Für die Conjunctiva bestimmte *Nerven* aus dem R. internus des N. lacrymalis bestehen aus doppeltcontourirten Fasern, durchsetzen die Zwischenräume der Drüsenläppchen ohne Aeste an sie abzugeben; die Blutgefässe werden von Gefässnerven begleitet.

Die *Thränenröhrchen* haben eine 0,1 dicke Bindegewebsmembran mit zahlreichen feinen elastischen Fasern, welche ringsum von parallelen, ebenfalls mit elastischen Fasern durchsetzten Bündeln des M. orbicularis palpebrarum umhüllt wird, hier und da acinöse Drüsen und geschichtetes Platten-Epithel, das sich von der Conjunctiva aus fortsetzt. — Die Schleimhaut des *Thränensackes* und des *Ductus nasolacrymalis* enthält Lymphkörperchen (Wanderzellen), besitzt spärliche acinöse Drüsen, trägt Flimmer-Epithel, das am unteren Ende des letzteren in geschichtetes Platten-Epithel übergeht; die Schleimhaut des Sackes hat eine papillenlose, hier und da in niedrige, etwa 0,1 messende

schräg- und längslaufende Schleimhautfalten sich erhebende Oberfläche; sie enthält reticuläres Bindegewebe mit Lymphkörperchen, das durch Osmiumsäure etc. darzustellen ist, und wird rings von Periost umgeben. Letzteres besteht aus der Axe des Ganges parallelen Bindegewebsbündeln mit elastischen Fasern und spannt sich auch über die vordere Wand als feste mit dem Periost der Augenhöhle zusammenhängende Bindegewebsmembran hinüber. Im oberen Theil des Ductus verhält sich die Schleimhaut wie im Thränensack; der untere Theil des ersteren enthält zwischen Periost und Propria der Schleimhaut eine dicke Schicht cavernösen Gewebes, wie das der Concha inferior (S. Nase) u. s. w.; es kommen darin glatte Muskelfasern vor.

Die Blutgefässe der Thränenwege bilden in der Schleimhaut Capillarnetze mit polygonalen Maschen; Lymphgefässe sind nicht untersucht. — Die Nerven des Thränensacks und der Thränenröhrchen stammen vom N. infratrochlearis, die des Ganges vom N. dentalis superior anterior; ihre Endigung ist nicht bekannt. — Die *Thränen* enthalten sparsame Fetttröpfchen und ausser einzelnen Platten-Epithelien von der Conjunctiva keine Form-Elemente.

Augapfel, Bulbus oculi.

Der Bulbus ist ein im Ganzen sphärischer Körper: seine Pole werden als vorderer und hinterer bezeichnet, beide sind durch die Augenaxe oder optische Axe verbunden; sein Aequator verläuft in frontaler Ebene; hiernach werden die Richtungen auf der Kugeloberfläche als meridional und äquatorial, d. h. dem Aequator parallel bezeichnet. Innen resp. centralwärts und aussen bezieht sich auf den Mittelpunkt der Kugel, radiale Linien sind solche, welche auf einer Tangentialebene senkrecht stehen.

Sclera.

Die Sclera, Sclerotica oder weisse Haut, wird von kurzen gestreckten, platten Bindegewebsbündeln zusammengesetzt, die sich in der Flächenrichtung der Haut nach allen Richtungen durchkreuzen; im Allgemeinen sind die Längsaxen benachbarter Bündel senkrecht zu einander gestellt; die meridionale und äquatoriale Richtung überwiegt, erstere in der äusseren, letztere in der inneren, dem Glaskörper zugekehrten Lage der Sclera. Dies gilt für den vorderen Theil des Bulbus, woselbst auch die zugeschärft in der Sclera sich inserirenden Sehnen der geraden Augenmuskeln zur Verstärkung der meridionalen Fasern beitragen: in der Nachbarschaft des Opticuseintritts (S. unten) kehrt sich das Verhältniss um. Längs- und Querschichten anastomosiren vielfach, namentlich am Aequator; dasselbe thun die einzelnen Bündel. Letztere bestehen aus feinsten gestreckten Bindegewebsfibrillen und in den engen Spalten zwischen den Bündeln liegen kleine Inoblasten: pigmentlose Scleralzellen, fixe Scleralzellen; ferner zahlreiche Netze feiner elastischer Fasern, die nach innen dichter werden, sowie Pigment-Anhäufungen und Pigmentzellen. Solche finden sich in der innersten Schicht der Sclera am dichtesten an ihrer Innenfläche nach hinten zu (auch am Cornealrande), sind unregelmässig sternförmig, abgeplattet, in der Flächenrichtung der Membran ausgebreitet. Die elastischen Fasernetze sind reichlicher vertreten an den Wänden der Kanäle für grössere Blutgefässe und Nerven, welche die Sclera durchsetzen; erstere werden von Gefässnerven begleitet, während das Scleralgewebe als solches keine Nerven erhält (S. Nerven-Endigungen). An den *Blutgefässen* zeigt sich die Adventitia (Perithelscheide) mit protoplasmareichen, mehr körnigen Inoblasten ausgestattet; über die Lymphgefässe s. unten.

Die Innenfläche der Sclera wie die Aussenfläche der Chorioidea (S. 148) trägt einen Endothel-Ueberzug: die zwischen beiden bleibende kugelschalenförmige Spalte wird als *Perichorioidealraum* (Schwalbe, 1868) bezeichnet.

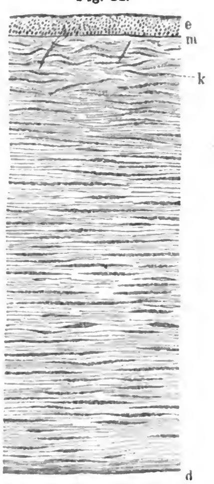
Cornea.

Die Cornea, Hornhaut, besteht aus drei Häuten: der Membrana anterior elastica nebst vorderem Epithel, der eigentlichen Hornhautmembran und der Membrana Descemetii, die von vorn nach hinten auf einander folgen.

Das *vordere Epithel* ist eine Fortsetzung des Epithels der Conjunctiva und wurde bereits ausführlich (S. 24) beschrieben.

Die *vordere Grenzmembran,* Membrana anterior elastica, Bowman'sche Membran, vordere Grenzschicht der Hornhaut, äussere Basalmembran, erscheint auf senkrechten, in beliebiger Richtung geführten Durchschnitten als heller, 0,008 dicker Saum, dessen Grenze an der Vorderfläche der Cornea scharf (Fig. 81), bei stärkster Vergrösserung (Fig. 85) gezähnelt sich zeigt; nach hinten geht sie ohne scharfe Begrenzung in das eigentliche Corneal-Gewebe über. Sie ergibt sich als nicht ganz structurlos, sondern feinstreifig in Folge ihrer Zusammensetzung aus sehr feinen sich durchkreuzenden geradlinigen Fasern, in die sie durch übermangansaures Kali zerfällt; ist resistent gegen Säuren und Alkalien, bleibt ungefärbt in Carmin, Hämatoxylin etc. Sie hat die Bedeutung einer Fortsetzung der Conjunctiva bulbi, wie ihr Uebergang in Fasern derselben an ihrem peripherischen Rande und namentlich ihre Fortsetzung in den Annulus conjunctivae darthut.

Fig. 81.



Senkrechter feiner Durchschnitt der Cornea, 0,2% Chromsäure. V. 350/100. *e* Vorderes Epithel, wovon nur die Kerne sichtbar. *m* Membrana anterior elastica, an welche sich senkrecht aufsteigende Stützfasern inseriren. *d* Membrana Descemetii *k* Kern eines Hornhautkörperchens.

Die *eigentliche Hornhaut-Membran* oder Substantia propria corneae besteht aus etwa 300 *Lamellen,* Hornhautlamellen, die nach der Flächenkrümmung der Cornea gebogen verlaufen, aber nicht von einem Seitenrande bis zum anderen reichen, sondern bedeutend kürzer sind und zugeschärft zwischen den beiden benachbarten Lamellen aufhören. Im ganz frischen Zustande sind die Lamellen wasserhell, daher auf der Flächenansicht nicht sichtbar; durch verdünnte Säuren quellen sie stark auf, durch Wasser-entziehende Agentien schrumpfen sie; am bequemsten sind sie auf Querschnitten der getrockneten Hornhaut darstellbar, wobei es ganz gleichgültig ist, in welcher Richtung der Querschnitt geführt wird, falls es nur senkrecht zur Cornealfläche geschieht. Nach Maceration in doppeltchromsaurem oder übermangansaurem Kali oder 0,2 — 0,5 %igem Palladiumchlorür, ferner in Barytwasser, sowie in 10%iger Kochsalz-Lösung und bei sehr starken Vergrösserungen erweisen sich die Lamellen jedoch aus äusserst dünnen, kaum messbaren, geradlinig verlaufenden Fasern zusammengesetzt, deren Substanz beim Kochen nicht Leim, sondern Chondrigen oder einen dem Chondrin nahestehenden Eiweisskörper gibt und sich dadurch vom Bindegewebe unter-

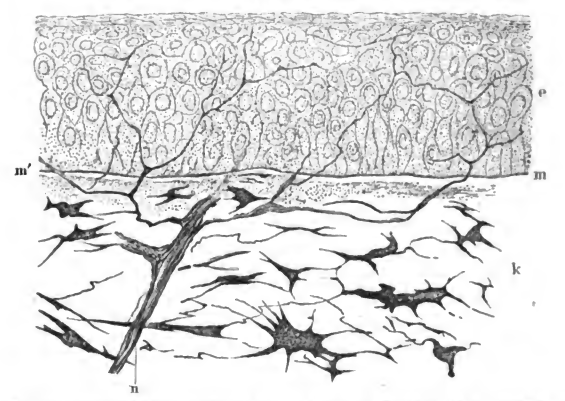
scheidet. Diese Fasern verlaufen in zwei nächstbenachbarten Lamellen fast genau rechtwinklig auf einander, so dass die eine Lamelle Faserdurchschnitte in Form einer ausserordentlich feinen und dichten Punktirung zeigt, wenn die benachbarte eine zarte Längsstreifung: die Längsansicht der Fasern erkennen lässt. Auch bei geringeren Vergrösserungen (Fig. 81) treten an geeigneten Präparaten Differenzen im Lichtbrechungsvermögen auf: die punktirten spindelförmigen Bestandtheile des Cornealgewebes repräsentiren quer zur Faserrichtung durchschnittene Lamellen. Hiernach sind die letzteren als sehr regelmässig gekreuzte platte Faserbündel aufzufassen, deren Durchflechtung, ähnlich wie in der Sclera, nur noch regelmässiger geschieht, und die an den Enden der Lamellen mit den benachbarten anastomosiren. — Auch im Polarisationsmicroscop lässt sich der Unterschied darthun. Meistens überwiegt radiäre Faserrichtung der Lamellen und solche erscheinen bei gekreuzten Nicols abwechselnd hell und dunkel, während die quergetroffenen (Fig. 81, die punktirten Stellen) stets dunkel bleiben. Die Fibrillensubstanz ist also doppeltbrechend und die optische Axe der Faserrichtung parallel, wogegen die vordere Grenzmembran und die Membrana Descemetii sich als isotrop herausstellen. — Eine durch die genannten Reagentien auflösbare, Eiweisskörper enthaltende Kittsubstanz verklebt nicht nur die Fasern der Lamellen, sondern auch die letzteren selbst mit einander, soweit nicht Trennung durch die gleich zu erwähnenden Einlagerungen (Zellen, Saftkanäle) bewirkt wird. Jener zwischen die Fasern gelagerte Gewebskitt gleicht in seinem Brechungsvermögen genau demjenigen der Fasersubstanz, weshalb die Fasern an der überlebenden Hornhaut wenig sichtbar sind.

Die Grenze zwischen je zwei Lamellen erscheint auf dem Querschnitt gehärteter Hornhäute als feine dunkle Linie, die von Strecke zu Strecke spindelförmige Erweiterungen darbietet. Diese sind wesentlich der optische Ausdruck der *Hornhautkörperchen*, Hornhautzellen, fixe Hornhautkörperchen; resp. ihrer Kerne (Fig. 81 *k*). Auf der Flächenansicht erscheinen sie an der ganz frischen Cornea als blasse sternförmige Zellen von fast genau demselben Lichtbrechungsvermögen wie die Grundsubstanz, sog. Intercellularsubstanz der Lamellen. Einige Zeit nach dem Tode oder durch Wasserzusatz, Maceration in Humor aqueus, durch Verdunstung, auch nach Anwendung galvanischer Schläge, wobei die gleichzeitige Wirkung der erstgenannten Agentien nicht ausgeschlossen ist, endlich durch Holzessig, Chromsäure etc. trübt sich das Protoplasma der Hornhautkörperchen, und sie zeigen von ihren Rändern abgehende zahlreiche feine Ausläufer, die zusammen mit dem Zellenkörper auf dem Hornhautquerschnitt das Bild eines spindelförmigen Körpers geben; ferner einen ovalen, ebenfalls abgeplatteten Kern (Fig. 81 *k*) mit doppeltcontourirter Kernmembran und einem oder mehreren glänzenden stark lichtbrechenden Kernkörperchen. Je nach seiner Lage bietet in Schrägschnitten gequollener Präparate der platte und verbogene Kern mannigfache, meist leicht zu deutende Gestalten. — Die mehrfach behauptete Contractilität des Hornhautkörperchen-Protoplasma's (resp. ihre Gestaltänderungen beim Tetanisiren) beruht auf Verwechslung mit Quellungserscheinungen, welche die Grundsubstanz durch vermeintlich indifferente Zusatzflüssigkeiten oder Behandlungsweisen erleidet.

Nach längerer Einwirkung verdünnter Silberlösungen auf die frische Cornea und nachheriger Behandlung mit Kochsalzlösung oder ganz verdünnter Chlorwasserstoffsäure, sowie durch Aetzung mit Höllenstein am lebenden Wirbelthier, besser durch Behandlung der Hornhaut mit 0,5 %iger Goldchloridlösung und nachher mit 2 %iger Essigsäure oder concentrirter Weinsäure bei 50—60°,

ebenso auch mittelst Goldchloridkalium färben sich die Hornhautkörperchen dunkel (Fig. 82); endlich kann man ihr Protoplasma mit Carmin roth tingiren und durch Essigsäure den Kern intensiver roth hervortreten machen.





Senkrechter Durchschnitt des vorderen Theiles der Cornea; Goldchlorid, Weinsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 800. *e* Vorderes Epithel, die Nerven schwarz gefärbt. *m—m'* Membrana anterior elastica. *k* anastomosirende Hornhautkörperchen, schwarz gefärbt. *n* Nervenstämmchen.

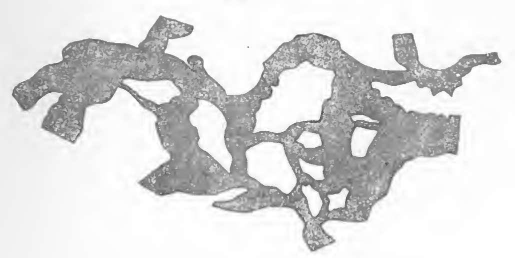
Vermöge dieser Hülfsmittel ergibt sich, dass die Ausläufer der Zellen mit denjenigen der benachbarten Zellen anastomosiren, aber nur mit den in derselben Ebene zwischen zwei zusammenstossenden Lamellen gelegenen Hornhautkörperchen, falls nicht zufällig das Körperchen gerade am Ende einer zugeschärft aufhörenden Lamelle gelegen ist, denn dann sendet es seine Ausläufer längs jener zugeschärften Kante. Nur an der vorderen Grenzfläche der Cornea sind die Lamellen kürzer, unregelmässiger: die Hornhautkörperchen stellen hier auch auf dem reinen Querschnitt der Cornea (Fig. 82) ein anastomosirendes System sternförmiger Zellen dar. Ausserdem verlaufen daselbst in schräger Richtung gegen die Hinterfläche der Membrana anterior elastica (Fig. 81) die *Stützfasern* der Cornea: elastische, gegen Säuren und Alkalien resistente, ziemlich gestreckte Faserbündel, die sich in die genannte Membran inseriren und nach dem Rande hin zahlreicher vorhanden sind. In verdünnten Säuren quillt die Hornhaut stark auf: die Lamellen verschieben sich leicht bei Anfertigung eines Querschnittes, und dann zeigt auch ein solcher, weil die Lamellen von der Fläche gar nicht sichtbar sind, anscheinend anastomosirende Zellennetze, welche in Wahrheit der Flächenansicht angehören. Durch sehr starke Quellung werden die Körper der Hornhautzellen comprimirt, mehr spindelförmig, die Ausläufer mehr senkrecht zum Zellenkörper gestellt und es erscheint ein Gitterwerk mit rechtwinklig sich kreuzenden Maschen auf der Flächenansicht.

Lymphgefässe und Lymphräume der Cornea. Injicirt man durch Einstich die Substanz der eigentlichen Cornea, z. B. mit Leim und Berlinerblau etc.,

so füllen sich Lymphräume, die in der Flächenansicht (Fig. 83) ein weitmaschiges, aus grossen Kanälen bestehendes Netzwerk bilden. Auf dem Querschnitt sind die Kanäle spaltenförmig elliptisch, schieben sich zwischen die



Fig 83.



Saftkanäle der Hornhaut mit Berlinerblau injicirt. V. 200.

Lamellen und zwar gerade da, wo sich die Hornhautkörperchen befinden, die stets an der Vorderfläche der Kanäle gelegen sind. Zwischen je zwei benachbarten Kanälen treten die beiden Lamellen, von welchen sie eingeschlossen sind, ganz dicht an einander und sind durch Gewebskitt verklebt; eine eigene Wandung der Kanäle ist durch kein Mittel sichtbar zu machen. Es handelt sich also um abgeplattete wandungslose Lymphwege, *Saftkanäle* der Hornhaut, in denen die Hornhautkörperchen und ihre Ausläufer eingeschlossen sind. Durch die Injectionen künstlich ausgedehnt, stellen sie in der lebenden Hornhaut ausserordentlich enge, aber erweiterungsfähige Spalten dar, die von *Lymphkörperchen der Cornea*, Wanderzellen, beweglichen Hornhautkörperchen, durchwandert werden. Die Saftkanäle anastomosiren mit denen der nächstfolgenden Lamellen an den Stellen, wo eine solche zugeschärft aufhört, ferner mit den lymphatischen perineuralen Bahnen, die um die Nervenfasern und Nervenstämmchen der Hornhaut angeordnet sind. Letztere, die vom Cornealrande her eintreten (S. Nervensystem), sind nämlich von einem dichten längsmaschigen Lymphgefäss-Plexus umhüllt, dessen Endothelien durch Silber sichtbar werden; feinere Fortsetzungen der Lymphscheiden gelangen mit den einzeln verlaufenden Nervenfasern (Fig. 82) an die Membrana anterior elastica, durch dieselbe unter das vordere Cornea-Epithel und durchsetzen dasselbe, stets dem Nervenverlauf folgend. In allen diesen Lymphräumen und auch im vorderen Epithel können Wanderzellen angetroffen werden, wenn man die überlebende Cornea in feuchter Kammer untersucht.

Die *Membrana Descemetii*, Membrana posterior elastica, innere elastische Basalhaut, ist eine elastische, glashelle, in Reagentien sehr resistente, stärker als die Grundsubstanz und die Membrana anterior elastica lichtbrechende Membran (Fig. 81 d). Scheinbar structurlos erweist sie sich bei sehr starken Vergrösserungen und mit Jodfärbung oder nach Maceration in 10%iger Chlornatrium-Lösung auf jeder Querschnittsrichtung längsgestreift, nicht aber in der Flächenansicht; sie ist also lamellös geschichtet. Einen Ueberzug ihrer hinteren Fläche: *Endothel der Membrana Descemetii*, hinteres Cornea-Epithel, bildet eine einfache Lage polygonaler, dicht (wie in Fig. 25) an einander stossender platter En-

dothelzellen mit klarem Zellenkörper, hellen runden platten Kernen und 1—2 Kernkörperchen. Zwischen denselben sollen kleinste Stomata offen bleiben.

Die erwähnte (S. 143) Silberbehandlung, welche die Hornhautkörperchen dunkel färbt, liefert sog. *positive Silberbilder.* Ganz andere Erscheinungen bietet die Cornea nach Entfernung ihres vorderen Epithels, wenn der Bulbus ca. 15 Minuten mit sehr verdünntem, z. B. 0,25%igem salpetersauren Silberoxyd (v. Recklinghausen, 1862) behandelt wird. Nach Reduction des letzteren wird die Grundsubstanz dunkler bis bräunlich, die Hornhautkörperchen erscheinen in der Flächenansicht als helle sternförmige anastomosirende Lücken: *negative Silberbilder.* Nachträgliche Carminisirung färbt die Kerne und in geringerem Grade das Protoplasma der Hornhautkörperchen roth. Helle, in dunkler Grundsubstanz ausgesparte Räume erhält man auch, wenn man in der Grundsubstanz Metalle präcipitirt (Leber, 1868, 1874): namentlich, was leicht zu bestätigen ist, durch successive Behandlung mit schwefelsaurem Eisenoxydul und Ferridcyankalium, oder gelbem Blutlaugensalz und Eisenchlorid wird Berlinerblau in der Grundsubstanz niedergeschlagen. Die Diffusion erfolgt ebenso beim lebenden Frosch und Säugethier; dabei sind aber die Saftkanäle und nicht minder die mit den Nervenstämmchen verlaufenden Lymphbahnen (S. 145) unbetheiligt. Waldeyer (1874) glaubte unter stärkerem Aspirationsdruck mittelst einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul, die nachher durch Ferridcyankalium gefällt wurde, die Saftkanäle gefüllt zu haben. Die unter höherem Druck entstehenden Bilder haben mit letzteren grosse Aehnlichkeit (W. Krause); in Wahrheit handelt es sich aber, wie Leber (1871) zeigte, um blaue Grundsubstanz und helle Körperchen. Braun wird die erstere mittelst Ferrocyankupfer, durch Diffusion von Eisenchlorid zu Gerbsäure, Jodkalium oder Jodnatrium zu Chlorpalladium etc. erhalten. Alle diese Erscheinungen sind den negativen Silberbildern homolog. Waldeyer (1874) gibt an, auch die Saftlücken d. h. die Hornhautkörperchen selbst injicirt zu haben; nach den hier vorgetragenen Anschauungen würden die fraglichen Bilder nur als Tingirung der Zellen mit gefärbtem Terpenthinöl zu deuten sein. — Während Waldeyer (1874) und Stricker (1874) an den von Valentin (1836, bei Vögeln) entdeckten Hornhautkörperchen einen centralen, den Kern umgebenden, Protoplasma-reicheren Theil und mehr homogene peripherische Ausläufer unterscheiden, nehmen seit Virchow mit Strube (1851) und mit His (1856) Viele an, dass ein Netz abgeplatteter Hohlräume die Cornea durchziehe, welches den Formen der darin enthaltenen sternförmigen Hornhautkörperchen sich genau anschmiege. Speciell die negativen Metallbilder werden seit Recklinghausen (1862) als *Saftlücken* oder *Saftkanälchen* gedeutet, die nicht mit den wahren Saftkanälen (Fig. 83) zu verwechseln sind. Auch nach Behandlung mit 2%iger Chromsäure treten helle Contouren an den Flanken der Hornhautkörperchen-Ausläufer auf. Diese (und ähnliche Chromsäurebilder) erklären sich als durch Schrumpfung der Grundsubstanz entstanden, die anderen negativen Zeichnungen durch die Thatsache, dass das Protoplasma sowohl der lebenden als der getrockneten (Leber, 1874, beim Frosch) Hornhautkörperchen sich unter den gegebenen Bedingungen nicht färbt. Mittelst Kalilösung lassen sich vergoldete Netze von Hornhautkörperchen, ähnlich wie sie (Fig. 82) abgebildet wurden, isoliren (mündliche Mittheilung v. Brunn's) und gleichfalls sternförmige Zellen nach Maceration in übermangansaurem Kali (Leber, do.) Wenn hiernach die wahre Form der Hornhautkörperchen nicht mehr zweifelhaft sein kann, so scheinen ausserdem die Injections-Resultate (Fig. 83) zusammen mit den Wanderzellen (S. 145) grössere Berücksichtigung zu verdienen, als die ursprünglich von Virchow mit Strube (1851) und His (1856) herrührende Meinung, dass in der Cornea-Grundsubstanz keine anderen Lücken vorhanden sind, als die von Hornhautkörperchen, ihren Ausläufern und Nerven ausgefüllten. Uebrigens ist die mehrfach behauptete Isolirbarkeit der Hornhautkörperchen in zusammenhängenden Netzen mittelst stärkerer Säuren nur scheinbar: sie verschwindet bei genauer Neutralisation. Die (Fig. 81) durch gerade Linien angedeuteten Spalten zwischen den Hornhautlamellen dürften in einer dem lebenden Zustande ziemlich nahe kommenden Ausdehnung sich befinden. v. Thanhofer (1875) schreibt denselben Saftkanälen (Fig. 83) Endothel-Auskleidung zu.

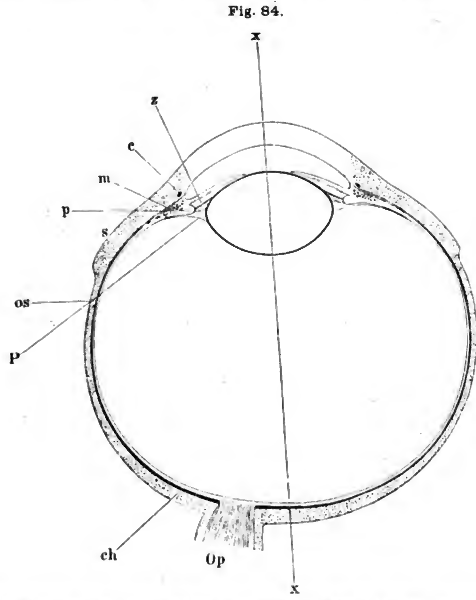
Die zahlreichen früheren Versuche, das Corneal- mit dem Bindegewebe zu homologisiren, haben zu keinen befriedigenden Anschauungen geführt. Als von Virchow die Netze sternförmiger Zellen in der Sehne (Fig. 28) und später ebensolche von Hornhautkörperchen beschrieben waren, zweifelte man nicht, dass beide Gewebe identisch. Bald erwiesen sich die Zellennetze in der Sehne als Querschnitte von Spalten, die Grundsubstanz der Cornea als fibrillär. Man könnte versuchen, ihre Fasern von den Inoblasten in der Sclera herzuleiten, da die Länge von solchen Ausläufern jedenfalls eine beträchtliche sein kann. Bei dieser Annahme wären die Hornhautkörperchen den sternförmigen Pigmentzellen z. B. in der Sclera gleichzusetzen, die auch mit der umgebenden fibrillären Grundsubstanz keinen weiteren Zusammenhang haben. Indessen ist die Homologie des Cornealgewebes richtiger wohl darin zu suchen, dass dasselbe eine Mittelstellung zwischen Bindegewebe, Knochen und Knorpel einnimmt. Dem letzteren nähert sich die Cornea in chemischer Hinsicht, durch ihre im frischen Zustande glashelle Beschaffenheit und den Umstand, dass dieselben Reagentien beide Gewebe in Fasern (Knorpelfasern, S. 56) zerlegen. Dem Bindegewebe ähnelt sie durch die Anordnung ihrer Fasern zu platten, sich überkreuzenden Bündeln (Lamellen) und ihr Saftkanalsystem; dem Knochengewebe vermöge der vielstrahligen Form ihrer anastomosirenden Zellen, obgleich letztere im reifen Knochen nur den Knochenkörperchen, nicht den Osteoblasten zukommt.

Und was schliesslich die Entwicklungsgeschichte anlangt, so wird das vordere Epithel vom Hornblatt geliefert, die vordere Grenzmembran hängt mit der Conjunctiva bulbi, die eigentliche Substanz der Cornea mit der Sclera und die Membrana Descemetii (Manz, 1875 s. a. bei Langerhans, 1873) mit der Anlage der Chorioidea zusammen. Man kann mithin einen cutanen, scleralen und chorioidealen Theil der Cornea unterscheiden (Waldeyer, 1874); dem ersten und letzten Antheil rechnet Derselbe noch einige benachbarte Corneal-Lamellen hinzu.

Der Rand der Cornea bietet manches Bemerkenswerthe. Die Sclera greift mit ihren Fasern an der Vorderfläche des Bulbus über die Cornea hinüber und endigt mit einem zugeschärften Rande, dessen Schärfe auf dem Querschnitt nach vorn und medianwärts gelegen ist. Continuirlich setzen sich die bandartigen Blätter der Sclera in die aus feineren Fasern bestehenden Corneal-Lamellen fort; die Faserung wird an jeder Lamelle um so früher medianwärts deutlich, je weiter dieselbe nach vorn gelegen ist; durch Carmin färben sich die Faserzüge der Sclera roth, durch Pikrinsäure bei successiver Tinction die Lamellen der Cornea gelb. An der inneren hinteren Grenze der Cornea, aber noch ganz im Gewebe der Sclera gelegen, erscheint auf dem Querschnitt des nicht injicirten Auges eine längliche Spalte, deren mediales Ende weiter nach vorn reicht als das hintere (Fig. 84 c.).: der Durchschnitt einer Vene oder eines venösen Plexus, *Circulus venosus ciliaris* (Bd. II). Die Wandung desselben enthält mehrere Schichten feiner äquatorial verlaufender elastischer Fasern und abgeplattete ovale Kerne auf ersterer selbst; die äussere Wand hängt mit der innersten Corneallamelle zusammen; die innere Wand verbindet sich mit der Membrana Descemetii. — Die Conjunctiva bulbi und ihr Epithel setzen sich in die Membrana anterior elastica und deren Cornea-Epithel fort (S. 148); wobei die von einer bindegewebigen Adventitia (Lymphraum, v. Thanhofer, 1875) begleiteten Blutcapillaren der ersteren eine kleine Strecke weit über

den Hornhautrand hinübergreifen. Sie bilden in der Ebene der Corneal-Oberfläche ausgebreitete Schlingenmaschen, aus denen regelmässige mit convexem Scheitel dem Hornhautcentrum zugekehrte Capillarschlingen hervorragen. Längs der Nervenstämmchen, die in die inneren Hornhautlagen eintreten, erstrecken sich feine Capillargefässe, ebenfalls

Fig. 84.



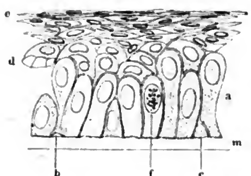
Rechtes Auge, gleich nach dem Tode in H. Müller'scher Flüssigkeit gehärtet, gefroren, horizontale Durchschnittsfläche von oben gesehen. V. 3. *z* Zonula ciliaris. *c* Circulus venosus ciliaris. *m* M. ciliaris, schematisch, die Punkte bedeuten die circuläre Schicht. *p* Processus ciliaris. *s* Verstärkung der Sclera durch den Ansatz der Mm. recti medialis resp. lateralis. *os* Retina an den Ora serrata. *P* Canalis Petiti. *ch* Chorioidea. *Op* N. opticus. *x x* Augenaxe.

schlingenförmig umbiegend. Die beiden genannten Arten sind die einzigen Blutgefässe der Cornea. An der hinteren Fläche geht die Membrana Descemetii in feine elastische Fasernetze über, die sich theils an die vordere und namentlich hintere Wandung des Circulus venosus anlegen, theils in das *Ligamentum pectinatum iridis* fortsetzen. Letzteres besteht aus starren gestreckten, gegen Reagentien mehr resistenten und mit zahlreichen feinen elastischen Fasern sowie Inoblasten und Pigment ausgestatteten, zu weitmaschigem Netz geflochtenen Bindegewebsbündeln; das Ligament verschmilzt an der Vorderfläche der Iris mit deren bindegewebiger Grundlage. Die Maschen werden von Lymphkörperchen durchwandert. Auf seiner Innenfläche trägt das Lig. pectinatum mehr längliche Endothelzellen, welche sich an die der Membrana Descemetii anschliessen. Diese Zellen werden am Cornealrande kleiner, als sie auf der letzteren Membran selbst sind. — Ueber die Nerven der Cornea s. Nervensystem.

Das vordere Epithel der Cornea besitzt beim Menschen 6—7 Zellenlagen, beim Rinde 8, beim Kaninchen 5—6, beim Frosch nur 4 Schichten. Die unterste aus cylindrischen Zellen bestehende Lage (S. 24) enthält bei Säugethieren: Rind, Kalb, Schaf, Schwein, Kaninchen eigenthümliche granulirte Körperchen (W. Krause, 1870)

an Stelle des Kerns. Im frischen Zustande sind sie blasser, auffallend stärker lichtbrechend nach Behandlung der Cornea mit Goldchlorid, Osmiumsäure (Fig. 85 f), Platinchlorid, Salpetersäure, Chromsäure, Oxalsäure bei nachträglichem Zusatz von Essigsäure etc. Durch Alkalien oder Säuren erblassen sie, färben sich nicht durch Goldchlorid, bestehen nicht aus Fettkörnchen; ihre Bedeutung ist unbekannt.* Mitunter kommen die Zellen, welche die granulirten Körperchen enthalten, in ziemlich regelmässigen aber weiten Distanzen von einander vor. — Die Membrana anterior elastica ist bei kleineren Thieren, namentlich Kaninchen, weniger deutlich von der eigentlichen Substanz der Cornea verschieden. — Die Membrana Descemetii zeigt in ihren Randparthien bei älteren Individuen öfters warzenartige, etwa 0,01 hohe, seit Hassall (1846 — 49) bekannte Verdickungen; beim Rinde im mittleren Theile ihrer Dicke daselbst unter Umständen eigenthümliche Figuren, die wie helle runde Poren mit davon pinselförmig nach je zwei oder vier Richtungen ausstrahlenden Faserbüscheln aussehen (Schweigger-Seidel, 1870). — Bei der Katze, dem Kalbe etc. scheinen auch die Lymphgefässe der Conjunctiva bulbi mit kurzen blinden zackigen oder abgerundeten Ausläufern so weit wie die Blutgefässe auf den Cornealrand überzugreifen. — Da sich das Innere der Stützfasern bei Injectionen der Arterien mit Extravasaten füllen kann (J. Arnold, 1860), so ist es nicht unmöglich, dass erstere auch Lymphgefässe führen. — Beim Hunde, Kaninchen, Meerschweinchen und der Katze sind die Saftkanäle der Cornea wie beim Menschen injicirbar; bei anderen Thieren (Wiederkäuern, Schwein) füllen sich leicht grössere spiessige, von der Einstichsstelle radiär sich fortsetzende Räume: Corneal tubes Bowman, die durch künstliche Abtrennung zwischen zwei Corneallamellen entstehen. — Das Gewebe des Lig. pectinatum ist bei Wiederkäuern stärker netzförmig entwickelt, von Lymphräumen durchzogen und enthält nach künstlicher Zerstörung seines Gewebes den sog. Canalis Fontanae. Anstatt des Circulus venosus am Rande der Cornea ist ein den Circulus arteriosus iridis major an seiner Peripherie begleitendes venöses Ringgefäss vorhanden, das nicht mit dem sog. Circulus s. Sinus venosus Hovii, einer ringförmigen Anastomose der Vv. vorticosae in der Chorioidea verwechselt werden darf.


Fig. 85.



Platten-Epithel der Vorderfläche der Cornea, frisch in 0,5 % Osmiumsäure, senkrechter Durchschnitt nach 24 Stunden angefertigt. V. 1000/600. *m* Membrana anterior elastica, deren vorderer gegen das Epithel gewendeter Saum gezähnelt ist. *a* unterste Lage von meistens cylindrischen Zellen. *b* Protoplasmafuss einer solchen, die sich abzulösen beginnt. *c* Autoblast von niedrig kegelförmiger Gestalt. *d* Zelle der zweiten Lage, inwendig ausgehöhlt zur Aufnahme des Kopfes einer Zelle der untersten Lage, daher durchscheinend; die Aussenfläche der Zelle zeigt drei Längsflächen und zwei Längskanten. *e* Oberflächliche Lagen abgeplatteter Zellen. *f* Aus glänzenden Körnchen bestehendes auffallendes Körperchen, welches die Stelle eines Kerns einer Cylinderzelle einnimmt.

Chorioidea.

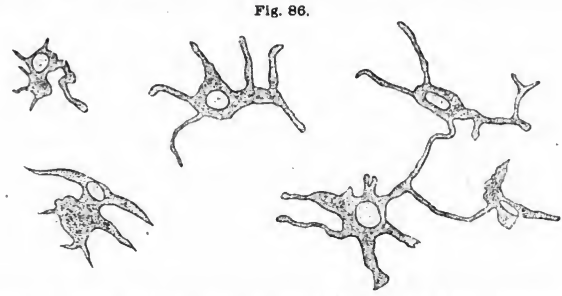
Die Chorioidea, Gefässhaut des Auges, besteht aus einer äusseren, mittleren und inneren Schicht. Die *äussere Schicht* oder die *Membrana suprachorioidea* wird von einer in frischem Zustande fast homogenen, leicht körnigen bindegewebigen Grundsubstanz gebildet, die mit H. Müller'scher Flüssigkeit eine fasrige Beschaffenheit annimmt, gegen Säuren und Alkalien resistent ist und ziemlich vollkommene Elasticität besitzt. Ferner zeigt die in platte Lamellenartige Streifen gespaltene Grundsubstanz einen unvollständigen Ueberzug von platten polygonalen und spindelförmigen Inoblasten oder (S. 41) Endothelien mit ovalen abgeplatteten Kernen und in ihren rundlichen Lücken auch wandernde Leukoblasten. Ausserdem besitzt sie sehr zahlreiche Netze von feinen elastischen Fasern nebst vielen sternförmigen Pigmentzellen. Beim Abziehen der Chorioidea bleiben Theile der Suprachorioidea (sog. Lamina fusca scleroticae) an der Sclera hängen und verleihen derselben im Hintergrund des Auges eine bräunliche Farbe. Die Pigmentzellen (Fig. 86) sind ganz platt, unregelmässig sternförmig, gelblich oder bräunlich, haben einen hellen ovalen Kern mit Kernkörperchen und erstrecken ihre zuweilen anastomosirenden Fortsätze in der Flächenrichtung der Membran. Ihre Farbe verdanken sie rundlichen Melaninkörnchen.

Die *mittlere Schicht, Tunica vasculosa,* enthält die grösseren Blutgefässe der Chorioidea nebst glatten Muskeln (S. 150) und Nerven, eingebettet in dieselbe Grundsubstanz mit sparsameren elastischen Fasern und mit mehr dunkelbräunlichen Pigmentzellen, welche die Zwischenräume der genannten Gebilde ausfüllen. Die Arterien besitzen eine fibrillär-bindegewebige Adven-

*Nach Eberth hängt die Entstehung dieser Körner (die zunächst Fadenmassen bilden) mit Kerntheilung zusammen.
Eberth in Virch. Arch. f. path. Anat. Bd. 67, p. 523 et seq. 1876

titia mit auswärts von derselben liegenden, unter einander anastomosirenden Bündelchen glatter Muskelfasern. Sie senken sich in die innere Schicht der

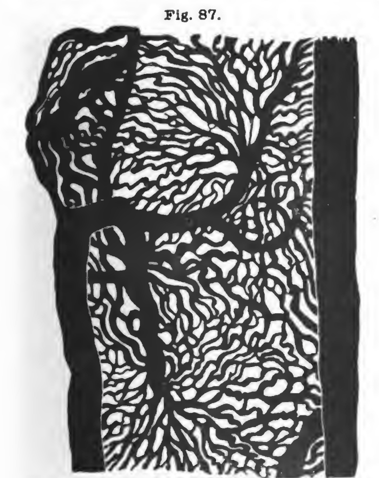
Fig. 86.



Sternförmige Pigmentzellen der Suprachorioidea mit hellen Kernen und anastomosirenden Ausläufern. Mehrtägiges Einlegen in Müller'sche Flüssigkeit. V. 600.

Chorioidea ein und bilden daselbst ein Capillarnetz, aus welchem durch plötzlichen Zusammenfluss (Fig. 87) die *Venen* der Chorioidea, *Venae vorticosae*, Strudelvenen, entstehen. Sie beginnen nahe der Mitte der Länge der Chorioidea, in deren sagittaler Richtung gemessen, und haben ebenfalls eine bindegewebige Adventitia.

Fig. 87.



Blutgefässe der mittleren Schicht der Chorioidea injicirt. V. 60. Die Capillaren sammeln sich zu stärkeren Vv. vorticosae.

Die Nerven stammen von den Nn. ciliares, verlaufen in der äusseren und mittleren Schicht mit deren Gefässen. Es sind Stämmchen blasser Fasern mit kernhaltiger Scheide; sie besitzen wenige doppeltcontourirte und sparsame, aus wenigen Zellen bestehende Gruppen von Ganglienzellen, seitlich anliegend oder an ihren Theilungsstellen. Sie geben einzelne Fasern an die Arterien ab und scheinen nur Gefässnerven zu sein.

Die *innere Schicht* der Chorioidea, *Membrana choriocapillaris,* enthält in derselben Grundsubstanz, die an ihrer Innenfläche als glasheller, nach aussen nicht scharf begrenzter Saum, Glashaut der Chorioidea, Basalmembran, auf senkrechten Durchschnitten hervortritt, die Capillaren der Chorioidea. Letztere sind mit Kernen in ihrer Wandung versehen, weit, sehr dicht gedrängt, lassen kleine rhomboidale Maschen zwischen sich, die im vorderen Theil der Membran mit ihrer Längsaxe

äquatorial gestellt sind. In der Grundsubstanz sind die Inoblasten sparsamer, die Wanderzellen häufiger, als in den anderen Schichten der Chorioidea.

Die Membrana choriocapillaris hört an den Ora serrata der Retina auf; letztere liegen an der Grenze des vorderen und mittleren Drititheils jedes Meridianes des Bulbus. Die mittlere Schicht der Chorioidea geht in das Corpus ciliare über: die sog. Pigmentschicht der Chorioidea gehört der Retina an. — An der Eintrittsstelle des N. opticus endigt die Chorioidea zugeschärft.

Morano (1874) schreibt den Capillaren der inneren Schicht perivasculäre Lymphscheiden zu, die mit hohlen Bindegewebszellen der Grundsubstanz communiciren sollen. *Lymphgefässe* der Chorioidea selbst sind sonst nicht bekannt.

Ciliarkörper.

Der Ciliarkörper, Corpus ciliare, besteht aus dem Orbiculus ciliaris und der Corona ciliaris.

Der Orbiculus ciliaris enthält den Circulus gangliosus ciliaris, den Circulus arteriosus iridis und den *Ciliarmuskel,* M. ciliaris (Fig. 84 *m*), an welchem eine äussere meridionale und eine innere äquatoriale Schicht unterschieden wird. Die erstere ist bei weitem mächtiger, entspringt vom inneren Hornhautrande mit elastischen Sehnen in das Lig. pectinatum übergehend, erstreckt sich, der Sclera dicht anliegend, mit platten Bündeln, sog. Muskellamellen, nach rückwärts, allmälig dünner werdend, und inserirt sich in dem Stroma der Chorioidea. Die innere Schicht, Ringmuskel von H. Müller, ist weniger mächtig, bildet den vorderen und inneren Theil des M. ciliaris, hat mehr cylindrische, durch bindegewebige Septa abgetheilte Bündel, und steht mit der äusseren Schicht mittelst Muskelbündeln, sog. radiale Muskellamellen, in Zusammenhang, die, netzförmig auseinander weichend, hauptsächlich in der Richtung von vorn nach hinten und innen verlaufen, wobei sie in die circuläre Richtung übergehen. Dazwischen befinden sich Bindegewebsmassen in Form von Balken und Septa nebst elastischen Fasern. Auf diese Art hängen die Muskelbündel beider Schichten durch ein weitmaschiges musculöses Netz zusammen; nach hinten biegen die der äusseren Schicht schleifenförmig um oder verlieren sich divergirend oder einander überkreuzend oder anastomosirend längs der Arterien in der mittleren Schicht der Chorioidea und in deren Muskelbündeln, namentlich die Aa. ciliares longae begleitend. Die Muskelfasern sind schmal und relativ kurz, ebenso ihre stäbchenförmigen Kerne.

Das geschilderte Muskelnetz nebst Bindegewebsgrundlage enthält im inneren Theile des Orbiculus ciliaris nur wenige Capillargefässe, aber viele Nerven, die einen grossen ringförmigen Nervenplexus, *Circulus gangliosus ciliaris* s. Orbiculus gangliosus, bilden. Die abgeplatteten Nervenstämmchen enthalten hauptsächlich doppeltcontourirte neben blassen Nervenfasern und rundliche oder birnförmige Ganglienzellen. Aus dem Plexus gehen Stämmchen hervor, welche die Sclera durchbohren und in die tieferen Schichten der Cornea gelangen, ferner Aeste für die Iris-Musculatur und den M. ciliaris. Die letzteren führen hier und da im Innern ihrer doppeltcontourirten Fasern oder auch im Innern einzeln verlaufender, sich dichotomisch oder trichotomisch theilender, doppeltcontourirter Nervenfasern vorkommende eiförmige kernartige Körperchen, H. Müller'sche Ganglienzellen des Orbiculus ciliaris, von 0,011—0,014; sie enthalten ein glänzendes Kernkörperchen und stehen mit den Axencylindern ihrer Nervenfasern in keinem nachweisbaren Zusammenhange. — Am vorderen Ende geht der Orbiculus ciliaris in das Lig. pectinatum über, woselbst der Circulus arteriosus der Iris am vorderen Rande des M. ciliaris gelegen ist.

Die Corona ciliaris trägt an ihrer Innenfläche zahlreiche Processus ciliares. Dieselben werden von leistenförmigen, auf dem Querschnitt Papillenähnlichen bindegewebigen Hervorragungen gebildet, ihre Innenflächen von der Pars ciliaris retinae (S. 169) überkleidet.

Sehr zahlreiche stärkere und feinere Blutgefässe durchziehen das bindegewebige Gerüst der Corona und auch die Processus ciliares; in diesem Bindegewebe liegen an der äusseren Seite der Pigmentlage körnige gelbe oder bräunliche Pigmentanhäufungen eingebettet.

Iris.

Die Iris, Regenbogenhaut, wird an ihrer Vorder- wie Hinterfläche von einer einfachen Zellenlage bedeckt. Erstere besteht aus polygonalen platten mit ovalen Kernen versehenen Endothelien; letztere aus rundlich-polygonalen Pigmentzellen, wie die der Processus ciliares. An ihrer hinteren Oberfläche besitzen diese Zellen eine sehr dünne pigmentfreie Protoplasmaschicht, die sich auf dem Querschnitt als heller, sehr feiner Saum präsentirt; seitlich senden sie dünne, oft die Zelle an Länge übertreffende und pigmentfreie Fortsätze aus, die mit denen benachbarter Zellen durch einander gewirrt zu ihrer Befestigung beitragen; auch ist an der Zellen-Basis eine Verzahnung vorhanden. Die eigentliche Substanz der Iris wird durch eine dünne helle fasrige Schicht gegen die Pigmentlage, sowie durch eine stärkere dunklere, vermittelst des Lig. pectinatum mit der Membrana Descemetii zusammenhängende Bindegewebslage gegen das vordere Endothel abgegrenzt. Erstere ist musculös (s. unten); letztere, die vordere Begrenzungshaut der Iris, hängt continuirlich mit dem übrigen Gewebe derselben zusammen.

Das Gewebe der eigentlichen Iris ist sparsam vorhandenes Bindegewebe mit sternförmigen Pigmentzellen und Inoblasten, sowie unregelmässigen Pigment-Einlagerungen am Pupillar-Rande und nach der Hinterfläche zu, die in dunkeln Augen häufiger sind, als in blauen. Sehr zahlreiche *Blutgefässe:* Arterien und Venen durchziehen, näher der Vorderfläche der Membran gelegen und von vorn nach hinten in etwa dreifacher Lage geschichtet, dieselbe in radiärer Richtung. Erstere besitzen eine sehr starke Adventitia mit zahlreichen sternförmigen Inoblasten, bilden Arcaden, deren Scheitel gegen den Pupillarrand hin liegt, und zwar am dichtesten in einiger Entfernung vom Pupillarrande: am Annulus iridis minor. Sie lösen sich in Capillargefässe auf, die an der hinteren Fläche sich verbreiten, sowie namentlich pupillarwärts, wo sie für den *M. sphincter pupillae* s. iridis major bestimmt sind. Letzterer liegt am Pupillarrande der Iris, an seiner Hinterfläche gegen die Augenaxe hin ein wenig von der Pigmentlage überragt, als platter, in der Irisfläche ausgespannter Ring, besteht aus glatten Muskelfasern, die sich wie die des M. ciliaris (S. 150) verhalten und ist von elastischen Fasernetzen durchzogen. An seinem peripherischen Rande in der Gegend des Annulus iridis minor, sowie von seiner ganzen hinteren Fläche sendet der Muskel einzelne, sich in radiärer Richtung fortsetzende Muskelbündel aus, welche spitzwinklig anastomosirend in die vordere Schicht einer sehr dünnen membranartigen Muskelhaut von 0,01 Dickendurchmesser, die nur eine doppelte oder dreifache Lage glatter Muskelfasern und zwischen deren Seitenkanten eingelagerte Pigmentkörnchen enthält, übergehen: *M. dilatator pupillae* s. Membrana pigmenti (2. Aufl.), hintere Begrenzungshaut der Iris. Der Dilatator stellt keine ununterbrochene Platte dar, sondern zeigt zwischen seinen hautartigen Bündeln schmale, radiär gerichtete Spalten, die von Bindegewebe ausgefüllt sind; manche durch Einwirkung schwacher Hämatoxylin-Lösungen sich grau färbende spindelförmige Muskelfasern sind auch einzeln in die bindegewebige Grundlage eingebettet. Am Ciliarrande der Iris gehen seine Fasern in circulären Verlauf über, einen zweiten peripherischen *M. sphincter iridis minor* bildend, der von dem M. ciliaris eine Strecke weit entfernt bleibt.

Die **Nerven** der Iris sind zahlreich, bestehen aus doppeltcontourirten, gemischt mit blassen Fasern, verlaufen radiär, wie die Blutgefässe, und lösen sich in ein reiches Anastomosennetz auf, welches den M. sphincter durchzieht und versorgt und einzelne aus dem Plexus austretende, scheinbar frei endigende blasse Fasern erkennen lässt. Für den M. dilatator sind noch keine Nerven nachgewiesen; ebensowenig *Lymphgefässe* der Iris.

Endigungen der Irisnerven sind nicht mit Sicherheit bekannt (S. zweifelhafte Nerven-Endigungen). Vermuthet wird, dass blasse Fasernetze sowohl den M. sphincter iridis, als den Dilatator versorgen, während die doppeltcontourirten als sensible aufgefassten Fasern an der vorderen Oberfläche in ein markloses Nervennetz übergehen (Iwanoff, 1872).

Die Ganglienzellen der Chorioidea wurden von Schweigger (1859) entdeckt, von W. Krause (1861) bestätigt. Iwanoff (1874) bildete auch längs kleiner Arterien gelegene Ganglienzellen ab. — Den Musculus ciliaris erkannten Bruecke (1846) und gleichzeitig Bowman als solchen, während derselbe früher für ein Ligament galt; die Ganglienzellen des Orbiculus ciliaris, sowie eine zusammenhängende, dem Stroma der pigmentirten Häute angehörige bindegewebige Grundlage: *Membrana pigmenti*, beschrieb C. Krause (1842) in der 2. Aufl. Die genannte Membran begriff in sich: die Basalhaut der Chorioidea und den M. dilatator iridis, dessen musculöse Natur erst von Henle (1866) erkannt wurde. — Die von H. Müller (1857) aufgefundene Ringmuskelschicht des M. ciliaris ist in weitsichtigen Augen viel stärker, in kurzsichtigen weit schwächer entwickelt, als bei normalem Sehvermögen (Iwanoff, 1869), welche Differenz jedoch keineswegs constant ist. Wollte man sie für wesentlich ansehen und zugleich beiden Schichten des Muskels ungleichzeitiges Contractions-Vermögen zuschreiben, welches jedoch zweifelhaft, so würde jene Beobachtung den Eindruck machen, als ob die Circulärschicht auf irgend einem Umwege active Accommodation für die Ferne bewirke und in Folge des Nicht-Gebrauchs bei Myopen atrophire. Falls dagegen beide Schichten sich stets gleichzeitig contrahiren, was wahrscheinlicher, so wäre die Erscheinung als durch angestrengte Accommodation des hypermetropischen Auges für die Nähe entstandene Hypertrophie des Muskels aufzufassen. — Bei manchen Säugethieren fehlt ein gesonderter Ringmuskel; die Vögel haben quergestreifte Muskelfasern in der Chorioidea (M. Cramptonianus) und Iris. Die letztere verdankt ihre Farbe dem Pigment: wenn sie blau ist, entsteht sie durch Interferenz des von der Vorderseite der Pigmentschicht der Iris zurückkehrenden Lichtes wegen des parallelen Verlaufs der radiär gerichteten Gefässhäute, Bindegewebsfasern etc. In albinotischen Augen fehlt das Pigment und damit die Spiegelung, die Iris erscheint dann weissröthlich; die Pigmentzellen sind vorhanden, aber farblos. Solche farblose sternförmige Zellen sind auch in blauen Augen häufig. — Die Nerven des Circulus gangliosus ciliaris resp. der Iris sind z. B. bei albinotischen Ratten ausserordentlich reichhaltig; sie scheinen keine sensiblen Fasern zu führen; die Pigmentzellen der Iris sind beim weissen Kaninchen farblos, aber ganz regelmässig sechseckig, sehr dünn, mit ihren Rändern verzahnt.

Retina.

Die Retina stellt ein flächenhaft ausgebreitetes Ganglion von der Form einer halben Kugelschale dar. Ihre hintere convexe Fläche wird von einem Neuro-Epithel gebildet, welches der epithelialen Auskleidung im Centralkanal des Rückenmarks (s. letzteres) homolog ist. Dem entsprechend sind an der Retina eine äussere Epithelschicht und eine (in Unterabtheilungen gesonderte) innere nervöse Schicht zu unterscheiden, wozu noch das entwicklungsgeschichtlich zur Retina gehörende und der Epithelschicht homologe Pigmentblatt oder die Pigmentschicht der Retina kommt.

Die *nervöse Schicht* ist eine dünne Lage grauer Hirnsubstanz, führt Blutgefässe, Bindegewebe, Nervenfasern und Ganglienzellen, welche Elemente der äusseren Schicht abgehen.

Die *epitheliale Schicht* liegt der Chorioidea resp. dem Pigmentblatt der Retina zugekehrt, ist gefässlos und dem Flimmer-Epithel homolog, welches den Centralkanal des Rückenmarks und die Hirnhöhlen auskleidet.

Durch die **Entwicklungsgeschichte des Auges** zeigt sich, dass die Retina aus der *primären Augenblase* entsteht, wobei ihre epitheliale Schicht dem Epithel der letzteren zu homologisiren ist. Letztere wächst sammt dem N. opticus als ursprünglich hohle Ausstülpung der Centralhöhle des Gehirns und Rückenmarks (Centralkanal des Rückenmarks s. Nervensystem) aus dem embryonalen ersten Hirnbläschen hervor. Durch Einstülpung von vorn her wird die ursprünglich kugelförmige Höhle der primären Augenblase auf einen kugelschalenförmigen Spaltraum reducirt, der zwischen Pigment- und Epithelial-Schicht der Retina sich anfangs erhält. Mit dem Hineinwuchern der Linse und des Glaskörpers in den so entstehenden vorn offenen Doppelbecher ist die *secundäre Augenblase* gegeben. Sie hat eine doppelte Wandung, wovon die äussere durch die hintere Hälfte, die innere durch die Vorderhälfte der primären Augenblase gebildet wird. Die Linsenfasern sind den Epidermiszellen der äusseren Haut homolog (wie an den Riff- und Stachelzellen der letztern sind ihre Ränder gezähnelt); der Glaskörper aber dem Unterhautbindegewebe und stammt der letztgenannte wie dieses vom mittleren Keimblatt. Das Hineinwuchern wird durch eine *Augenblasenspalte* möglich, welche nach unten durch die Häute der secundären Augenblase sich erstreckt. Wahrscheinlich in Folge einer Torsion des Sehnerven und Auges um deren sagittale Axe, welche mit dem Umstande zusammenhängt, dass die optische Axe beim Embryo anfangs lateralwärts, beim Neugeborenen aber nach vorn gerichtet ist, ändert sich die Lage der Augenblasenspalte: sie gelangt von unten nach lateralwärts von der Eintrittsstelle der Sehnerven und der Punkt, wo die letzte Schliessungsstelle sich befindet, wird durch die Fovea centralis retinae markirt (W. Krause, 1868). Auf diese Art erklären sich die eigenthümlichen Anordnungen an der Macula lutea (Faserverlauf etc.) und Fovea centralis (S. 169), sowie die spaltenförmige Trennung der

Opticusbündel lateralwärts von ersterer, welche zu der früheren Annahme einer Plica centralis s. transversa retinae Anlass gegeben hat und die zuweilen hufeisenförmige Gestalt des Querschnitts vom Opticusstamm (S. 175). Die A. centralis retinae legt sich von unten her in eine Rille hinein, die durch Zusammensinken des ursprünglich hohlen und mit Liquor cerebrospinalis erfüllten Opticus entsteht, sobald gleichzeitig der Binnenraum der primären Augenblase reducirt wird.

Die genannte Arterie erstreckt sich ursprünglich durch den Canalis hyaloideus des Glaskörpers bis zur Linsenkapsel: wenn diese Fortsetzung (A. hyaloidea) obliterirt, müssen sich die Anastomosen erweitern, welche die A. centralis retinae an der Eintrittsstelle des Sehnerven mit den Gefässverzweigungen der Retina eingeht. Hiernach würde das beim Erwachsenen vorliegende Verhalten der letztgenannten Arterie ebenfalls secundärer Natur sein, da die sich ausstülpende primäre Augenblase offenbar schon Blutgefässe vom Gehirn her mitbringt. Auf diese Art erklärt sich, wie die Centralarterie die Netzhaut versorgen kann, obgleich sie ursprünglich ausserhalb des hohlen N. opticus und der primären Augenblase selbst gelegen ist.

Indem durch die geschilderten Vorgänge die secundäre Augenblase gebildet wird, nimmt die primäre wie gesagt die Gestalt eines dem Sehnerven ansitzenden nach vorn offenen Doppelbechers an. Die äussere Wand des letzteren oder die hintere Hälfte der Wand der primären Augenblase wird zum Pigmentblatt der Retina; die vordere Hälfte jener Wand bildet alle übrigen Schichten der Retina. Als ursprüngliche Begrenzung der zuletzt erwähnten vorderen Hälfte nach vorn erhält sich die Membrana limitans (interna). Durch die Membrana fenestrata wird die wichtige Grenzscheide zwischen epithelialer und nervöser Schicht hergestellt, an welcher Stelle sich beide Schichten in der That an längere Zeit hindurch erhärteten Präparaten leicht von einander trennen. Jene Membran gehört zur nervösen Schicht; die letztere selbst aber wird (wie die graue Substanz der Centralorgane, s. Nervensystem) von einem bindegewebigen und nervösen Bestandtheil zusammengesetzt (Fig. 92). Die Pigmentschicht der Iris (S. 151) gehört ebenfalls der äusseren Wand der primären Augenblase an, deren inneres Blatt (Retina) nur bis zum peripherischen Rande der Iris sich erhält, ursprünglich aber bis zum Pupillarrande reicht. Hierfür lässt sich namentlich der entsprechende Befund bei Ammoecetes (Langerhans, 1873) und Petromyzon fluviatilis (W. Müller, 1875, beim erwachsenen Thier) anführen.

Ohne die aus einander gesetzte Auffassung der beiden Hauptschichten (epitheliale und nervöse) ist der Bau der Retina schlechthin unverständlich; durchführbar wird sie durch den Nachweis (W. Krause, 1868), dass in der äusseren epithelialen Schicht kein Bindegewebe, namentlich keine bindegewebigen Radialfasern vorhanden sind, sondern dass alle darin existirenden radialen Fasern mit Stäbchen oder Zapfen zusammenhängen.

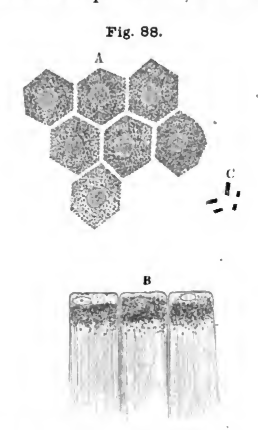
Die Retina, Netzhaut, erstreckt sich mit ihrem *Haupttheil* von den Ora serrata bis zur Macula lutea, die gesondert zu erörtern sind. Ersterer bietet in seiner ganzen Ausdehnung den gleichen Bau. Man unterscheidet *sechs* Schichten der Retina: die nervöse Schicht hat vier Unterabtheilungen nebst zwei die letzteren trennenden resp. begrenzenden Membranen. Von aussen nach innen ist die Reihenfolge:

Pigmentschicht oder Pigmentblatt der Retina.
Epitheliale Schicht.
Nervöse Schicht: *Membrana fenestrata.*
Körnerschicht.
Granulirte Schicht.
Ganglienzellenschicht.
Opticusfaserschicht.
Membrana limitans.

Die **Pigmentschicht** oder das Pigmentblatt, Tapetum nigrum, sitzt unmittelbar dem als sog. Basalmembran (S. 149) der Chorioidea hervortretenden Stroma der letzteren auf. Sie besteht aus einer einzigen Lage sehr regelmässig polygonaler, sechseckiger, an ihren Seitenflächen verkitteter Pigmentzellen, die in der Flächenansicht ein regelmässiges Mosaik (Fig. 88 A) bilden. Die Zellenkörper sind abgeplattet; in der Profilansicht zeigen sich die Zellengrenzen radiär gestellt; das Protoplasma enthält sehr zahlreiche kleinste bräunliche Pigmentkrystalle (Fig. 88 C), die bei stärkster Vergrösserung als rhombische Täfelchen erkannt werden, deren Längskanten radiär gestellt sind; sie be-

stehen aus Melanin (S. 54). An der äusseren pigmentarmen Seite jeder Zelle sitzt ein ellipsoidischer, in der Flächenansicht rundlicher, heller, pigmentloser Kern mit Kernkörperchen. Von den inneren Flächen der Zellen gehen zahlreiche feinste radiär geordnete Protoplasma-Fäden (Fig. 88 *B*) aus, welche zwischen die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen eindringen.

Fig. 88.



Pigmentzellen des Pigmentblattes der Retina. V. 600. *A* Nach mehrtägigem Einlegen des frischen und geöffneten Bulbus in H. Müller'sche Flüssigkeit. Von der Fläche gesehen, im Centrum jeder sechsseitigen Zelle schimmert ein runder Kern durch. *B* Nach 24stündigem Einlegen des frisch geöffneten Bulbus in 5%iges molybdänsaures Ammoniak. Profilansicht der Zellen mit langen haarförmigen Fortsätzen, welche Scheiden um die Aussenglieder der Retina-Stäbchen und Zapfen bilden. Die Kerne liegen in dem äusseren wenig pigmentirten Theil der Zellen. *C* Pigmentkrystalle isolirt in Wasser. V. 2000.

Die Pigmentschicht wurde wegen ihrer Farbe früher zur Chorioidea gerechnet; sie gehört aber wie gesagt entwicklungsgeschichtlich der Retina an, bildet sich aus der hinteren Hälfte der primären Augenblase. — Zuweilen sieht man zwei Kerne in derselben Pigmentzelle (Bruch, 1844; Schwalbe, 1874); die Flächendurchmesser der Zellen sind im Hintergrunde des Auges (Morano, 1871, beim Frosch), namentlich aber an der Macula lutea des Menschen (S. 168) etwas geringer als vorn. Manche Wirbelthiere: Kaninchen, Vögel, Amphibien, haben gelbe Fetttropfen im äusseren Theile der Pigmentzellen und (Frosch) Melaninkrystalle in den die Stäbchen scheidenartig umhüllenden Protoplasma-Ausläufern der Pigmentzellen. — Bei Albino's fehlt das Pigment in den feinkörnigen Zellen des Pigmentblattes; nicht aber diese Zellen selbst und ihr Fetttropfen beim weissen Kaninchen. Ebenfalls sind sie meist pigmentlos an den Stellen vorhanden, wo sich zwischen Tunica vasculosa und Membrana choriocapillaris der Chorioidea eine in Regenbogenfarben schillernde eigenthümliche Membran, das *Tapetum*, bei Wirbelthieren findet. Das der Wiederkäuer, Dickhäuter, Delphine und einiger Beutelthiere: Tapetum *fibrosum*, verdankt seine irisirenden Eigenschaften feinen parallelen gewellten Bindegewebsfaserzügen; bei Raubthieren sind es sehr feine kurze spiessige Krystalle eines (eiweissartigen) Körpers, die den Inhalt der Zellen bilden, aus welchen das Tapetum *cellulosum* bei diesen Thieren, ferner bei Pinnipedien und Fischen besteht. Letztere bieten goldiggrünen Metallglanz und grössere krystallinische Plättchen (Guanin) in den Zellen dar; auch einige Vögel besitzen ein Tapetum.

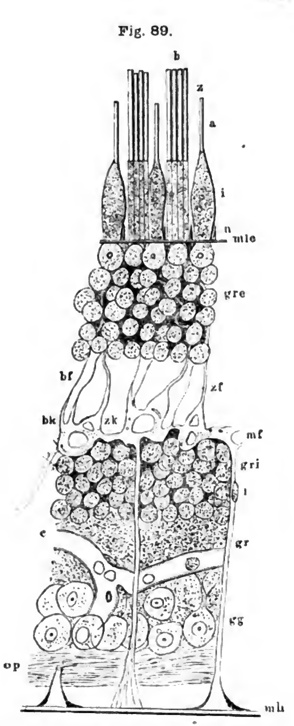
Epitheliale Schicht, epitheliales Blatt, musivische Schichten, Schicht der Sehzellen. Sie besteht aus den Epithelialzellen der Retina ***(Sehzellen)*** und unter diesen sind wiederum ***Stäbchenzellen*** oder ***Lichtzellen*** (lange Sehzellen) und ***Zapfenzellen*** oder ***Farbenzellen*** (kurze Sehzellen) zu unterscheiden. Jede derselben ist ein ausserordentlich complicirtes Gebilde.

Die Zapfenzelle, breite Sehzelle, besteht aus einem Zapfen, der seinerseits in ein Aussenglied und Innenglied getheilt wird. Letzteres enthält an seinem äusseren an das Aussenglied stossenden Ende ein Zapfen-Ellipsoid (empfindlicher Körper). Nach innen setzt sich das Zapfen-Innenglied in eine Zapfenfaser (Kernstück der kurzen Sehzelle) fort, die ein Zapfenkorn als Kern enthält. Die Faser endigt an der äussern Grenze der nervösen Schicht mit einer kegelförmigen Anschwellung, dem Fuss der Zapfenzelle oder Zapfenkegel.

Die Stäbchenzelle, schmale Sehzelle, bietet genau correspondirende Bestandtheile. Nämlich Stäbchen-Aussenglied, -Innenglied mit Stäbchen-Ellipsoid, Stäbchenfaser, Stäbchenkorn, Fuss der Stäbchenzelle oder Stäbchenkegel.

Am inneren Ende jedes Zapfen- und Stäbchen-Innengliedes werden deren Abgrenzungen gegen die Zapfen- resp. Stäbchenfasern vermöge einer netzförmig durchbrochenen Cuticularbildung, *Membrana reticularis retinae* s. Membrana limitans externa markirt. Unmittelbar an die letztere stösst ein dichtes aus den Zapfen- und Stäbchenkörnern bestehendes Lager von rundlichen Kernen, deren jede Zapfen- und Stäbchenfaser je einen enthält. Weil auf

Fig. 89.



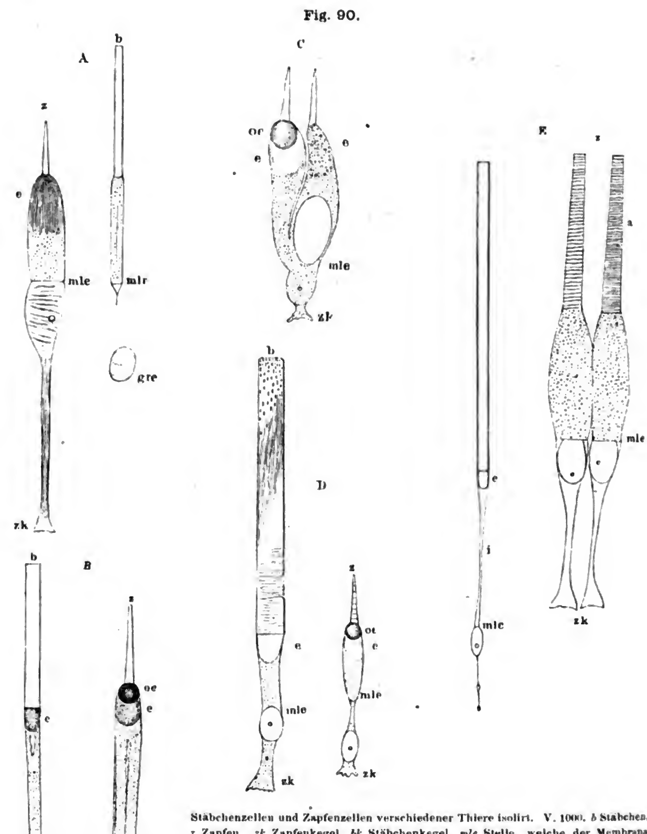
Senkrechter Durchschnitt der Retina aus dem Hintergrund des menschlichen Auges. Der Bulbus war unmittelbar nach dem Tode in H. Müller'sche Lösung gelegt. V. 700. *b* Aussenglieder von vier Stäbchen. *z* Zapfen. *a* Aussenglied, *i* Innenglied desselben. *mle* Membrana reticularis s. limitans externa. *n* Nadeln derselben. *gre* Stäbchen- und Zapfenkörner oder sog. äussere Körner. *zf* Zapfenfaser. *bf* Stäbchenfaser. *bk* Stäbchenkegel. *zk* Zapfenkegel. *mf* Membrana fenestrata. *r* Radialfaser, die in den Zellen der Membrana fenestrata endigt, mit einem ansitzenden länglichen Kern. *gri* Körner (sog. innere Körner). *gr* Granulirte Schicht. *gg* Ganglienzellen, von denen eine rechter Hand Fortsätze längs der Radialfaser *r* nach der inneren Körnerschicht sendet. *c* Capillargefäss sich theilend. *op* Nervenfasern des N. opticus. *mli* Membrana limitans (interna). Zwischen den Opticusfasern und der Membrana limitans bleibt ein heller, von den kegelförmigen Ansätzen der inneren Enden der Radialfasern an die letztere nur theilweise ausgefüllter Raum, der als Lymphbahn gedeutet worden ist, weil darin zuweilen Lymphkörperchen enthalten sind.

diese Art eine Trennung durch eine besondere Membran stattzufinden scheint, hat man die epitheliale Schicht bisher gewöhnlich in zwei: Stäbchen-Zapfenschicht und äussere Körnerschicht zerlegt.

Zapfen und Stäbchen, Stäbchen- und Zapfenschicht, Stratum bacillosum. Mit ihrer Längsaxe in radiärer Richtung, pallisadenähnlich und absolut regelmässig geordnet füllen die Stäbchen und Zapfen den Raum zwischen Membrana reticularis und der Pigmentschicht.

Die Zapfen sind dicker als die Stäbchen und sparsamer vorhanden; so zwar, dass im ganzen Haupttheil der Retina jeder Zapfen auf jedem radiären Durchschnitt der Retina (Fig. 89) durch drei Stäbchen von dem nächsten Zapfen getrennt wird. Auf Linien, mittelst welcher ein Zapfen nicht mit dem nächstbenachbarten, sondern mit einem solchen aus etwas weiterem Umkreise verbunden wird, erscheinen vier bis fünf Stäbchen in dem Zwischenraum. Die wirkliche Anzahl der letzteren ist natürlich in quadratischem Verhältniss grösser als die der Zapfen; über die absoluten Zahlen s. unten (S. 167). Beide Elementargebilde stimmen in wesentlichen Beziehungen ihres Baues überein; beide bestehen aus einem Innenglied und einem Aussenglied; das optische und microchemische Verhalten der gleichnamigen Glieder correspondiren bei beiden Gebilden, ebenso ihre topographische Anordnung in Bezug zu den benachbarten Theilen und ihr Zusammenhang mit letzteren. Nur die Form ist verschieden: die Stäbchen sind cylindrisch,

Fig. 90.



Stäbchenzellen und Zapfenzellen verschiedener Thiere isolirt. V. 1000. *b* Stäbchen, *z* Zapfen. *zk* Zapfenkegel, *bk* Stäbchenkegel, *mle* Stelle, welche der Membrana reticularis retinae entspricht. Frisch geöffnete Bulbi, nach 24stündigem Einlegen in verschiedene Reagentien, zerzupfte Querschnitte. **A.** Vom Menschen mit $2^0/_0$ Osmiumsäure. *e* ellipsoidischer Körper im Zapfen. Innenglied aus feinen Fäden zusammengesetzt. Das Zapfenkorn ist fein quergestreift, geschichtet. Das Innenglied des Stäbchens zeigt Längsstreifen, von denen ein mittlerer stärker hervortritt; die Stäbchenfaser ist abgerissen. *gre* Stäbchenkorn $^1/_4$ Stunde nach dem Tode in Glaskörperflüssigkeit isolirt. — **B.** Vom Huhne, H. Müller'sche Flüssigkeit. *e* Stäbchen-Ellipsoid und Zapfen-Ellipsoid. Im Innenglied des Stäbchens nach innen von dem Ellipsoid ein glänzender hyperboloidischer Körper. Im Innenglied des Zapfens ein farbiger Oeltropfen *oe* und eine centrale Axenfaser. — **C.** Von Lacerta agilis, Müller'sche Flüssigkeit. Doppelzapfen, der eine mit gelbem Oeltropfen *oe*, Zapfen-Ellipsoid *e*, der andere mit granulirtem Zapfen-Ellipsoid *o* und

einem weiter nach innen gelegenen glänzenden Körper (dessen parabolische Form nicht deutlich ausgefallen ist), auch das Zapfenkorn ist beiden Zapfen gemeinsam. — **D.** Vom Frosch in Glaskörperflüssigkeit. *b* Aussenglied des Stäbchens, oben mit zarter Längsstreifung und länglichen Pigmentkörnchen, unten in Plättchen zerfallend. *e* Stäbchen-Ellipsoid. *z* Aussenglied des Zapfens ebenfalls im Plättchen-Zerfall. *oe* Oeltropfen. *e* Zapfen-Ellipsoid. — **E.** Vom Barsch, Perca fluviatilis, mit Müller'scher Flüssigkeit. *i* Sehr dünnes Stäbchen-Innenglied, an der Membrana reticularis in ein Stäbchenkorn übergehend, die Stäbchenfaser ist varikös. *e* Ellipsoid. *z* Zwillingszapfen in 1%iger Osmiumsäure. *a* Aussenglieder in Plättchen zerfallend, die Zapfenkörner, Zapfenfasern und Zapfenkegel *zk* sind doppelt vorhanden.

die Zapfen kegelförmig, letztere einer Weinflasche mit zugespitztem oberen Ende vergleichbar.

Die Zapfen, Coni, sind conische Körper, ihr dickbauchiges *Innenglied,* Zapfenkörper, sitzt mit kreisrunder Basis der Membrana reticularis retinae auf, verschmälert sich nach aussen und wird durch scharfe querverlaufende Abgrenzung von dem Aussenglied getrennt. Die Substanz des Innenglieds ist feinkörniges Protoplasma, färbt sich nach Chromsäure-Behandlung etc. durch Carmin und enthält in ihrer peripherischen Hälfte ein *Ellipsoid, Zapfen-Ellipsoid*, ellipsoidischer Körper, Fadenapparat (Fig. 90 e), dessen Längsaxe radiär gestellt ist. Dasselbe wird von einem dichten Filz ausserordentlich feiner und vergänglicher Fäden gebildet, die in schrägen Spiralen durch einander gewirrt sind. — Das *Aussenglied* des Zapfens, Zapfenstäbchen, ist homogen, stark lichtbrechend, nach aussen stark zugespitzt-conisch; dasselbe steckt zwischen den Protoplasmafäden, welche die zugehörige Pigmentzelle aussendet. Es bleibt bei Carmin-Behandlung ungefärbt und verhält sich auch im übrigen microchemisch wie die Aussenglieder der Stäbchen (S. letztere).

Die Stäbchen, Bacilli, sind wesentlich cylindrisch, und überragen die Zapfen in Folge der etwa doppelt so grossen Länge ihrer Aussenglieder (Fig. 89). Das *Innenglied* des Stäbchens ist im Verhältniss von 4 : 3 kürzer und zugleich ein klein wenig dicker als das Aussenglied, und der Cylindermantel des ersteren an seinem Umfange ganz leicht convex ausgebaucht. Die Substanz verhält sich wie die der Zapfen-Innenglieder; am peripherischen Ende sind ebenfalls, aber noch schwerer wahrnehmbare und kürzere Fäden vorhanden, die das *Stäbchen-Ellipsoid* zusammensetzen. — Das *Aussenglied* setzt sich namentlich in Präparaten mit H. Müller'scher Flüssigkeit oder Osmiumsäure scharf gegen das Innenglied ab, ist vollkommen cylindrisch, seine Basis innen und aussen kreisrund und genau rechtwinklig auf die Längsaxe des Stäbchens abgestutzt; doch rundet sich die kreisförmige Kante seines äusseren Endes ein wenig ab; es steckt zwischen den erwähnten Protoplasmafäden der Pigmentzellen. An seinem Cylindermantel sind ausserordentlich feine etwas schräg gerichtete parallele Längsfurchen vorhanden, welche durch die Protoplasma-Ausläufer der Pigmentzellen hervorgebracht werden. Seine Substanz ist weich, biegsam, ziemlich vollkommen elastisch, doppeltbrechend (was die des Innengliedes nicht ist) und zwar positiv in Bezug auf die Längsaxe, welcher Charakter dem des Nervenmarkes (S. Nervensystem) entgegengesetzt ist.

Chemisches Verhalten. Sehr kurze Zeit nach dem Tode oder durch Behandlung mit den meisten scheinbar indifferenten Flüssigkeiten namentlich aber mit Wasser beginnen die Aussenglieder und zwar die der Zapfen noch leichter wie die der Stäbchen zerstört zu werden. Sie lösen sich von den Innengliedern, welche eine mehr bauchige Form annehmen, ab, schwimmen frei in der Zusatzflüssigkeit, biegen sich, bekommen knotige Anschwellungen, hirtenstabförmige Krümmungen an ihrem Ende, lassen Tropfen einer stark lichtbrechenden Substanz austreten, die sich wie Myelin (S. Nervensystem) verhält und rollen sich auch wohl kreisförmig zusammen. Am auffallendsten ist aber ihr Zerfall in kreisrunde ziemlich gleichmässig dicke Plättchen, der bequemer an grösseren Stäbchen von Thieren (Fig. 90 *D, E*) und in weniger schädlichen Zusatzflüssigkeiten wie Serum, Glaskörperflüssigkeit u. s. w. zu beobachten ist. Diese Plättchen sind wie eine Thalerrolle auf einander geschichtet, werden

durch eine in minimaler Menge vorhandene schwächer lichtbrechende Zwischensubstanz zusammengehalten und fallen aus einander, sobald diese sich in Folge der Leichenzersetzung oder in Zusatzflüssigkeiten löst. Sie sind auch in mit Essigsäure behandelten Alkohol-Präparaten, Osmiumsäure-Präparaten etc. sichtbar. Ihre absolute Dicke schwankt in Folge des Umstandes, dass dickere Plättchen aus mehreren zusammengeklebten dünneren bestehen.

Durch etwas concentrirtere Säuren u. s. w. werden die Aussenglieder augenblicklich zerstört. Mit Zucker und Schwefelsäure färben sie sich röthlich, weil ihre Grundsubstanz eiweisshaltig ist; durch Salpetersäure nach Uebersättigung mit Alkalien gelblich; ebenso bei Behandlung mit Pikrinsäure nebst Carmin. In verdünnter Kalilauge quellen sie auf, verlängern sich sehr beträchtlich (die grösseren Aussenglieder der Stäbchen von nackten Amphibien winden sich wie kleine Schlangen durch das microscopische Gesichtsfeld). In H. Müller'scher Flüssigkeit, 1—2 %iger Osmiumsäure, durch Wasser entziehende chemische Reagentien, wie Alkohol, Chorcalcium, bei vorsichtiger Behandlung auch in 33 %igem kohlensauren Kali conserviren sich die Aussenglieder absolut frisch hineingebrachter Augen vollständig.

Die peripherische Begrenzung der Aussen- und Innenglieder zeigt eine sehr zarte Längsstreifung, die durch Cannelirung hervorgebracht wird, mittelst der längs- oder sehr wenig spiralig verlaufenden Eindrücke, welche an den Aussengliedern die Protoplasmafäden der Pigmentzellen, an den Innengliedern die Nadeln der Membrana reticularis (S. 159) bewirken. Vielleicht sind diese Längsstreifen als Falten einer an der Oberfläche hervortretenden, durch Pikrinsäure sich gelb färbenden eiweissartigen Grundsubstanz, in welcher die Plättchen eingebettet liegen, zu deuten, da eine umhüllende Membran mit Sicherheit nicht hat nachgewiesen werden können. Zwischen den Aussengliedern der Stäbchen und Zapfen befindet sich ausser den fadenförmigen Ausläufern der Pigmentzellen (S. 154) noch eine geringe Menge von glasheller Kittsubstanz, vermöge welcher erstere in ihrer regelmässigen Lage erhalten werden.

In der ganzen Wirbelthierreihe sind Stäbchen und Zapfen vorhanden, auch den Petromyzonten fehlen beide Gebilde nicht (H. Müller, 1862; W. Krause, 1868; Langerhans, 1873; W. Müller, 1875); ebensowenig bei Scyllium canicula. Bei den Eidechsen und Schlangen, die scheinbar der Stäbchen entbehren, sind doch zwei ganz verschieden construirte, wenn auch sämmtlich dickbäuchige Elemente in der Zapfenschicht vorhanden (S. 159). Nur Myxine glutinosa, deren rudimentäre Augen tief unter der Haut liegen, besitzt anstatt Stäbchen und Zapfen zwei Arten von Epithelialzellen (von denen die eine, wie W. Müller, 1875, abbildete, feine Ausläufer zeigt), und gleicht hierin ganz dem Befunde bei neugeborenen Kaninchen (S. 166).

Bei manchen Säugethieren, namentlich den Nagern, überwiegen die Zapfen-Innenglieder diejenigen der Stäbchen an Dicke nur wenig; während zugleich die Aussenglieder der letzteren sehr lang sind und die der Zapfen ihnen an Grösse wenig nachstehen. So verwischt sich der Unterschied zwischen beiden, und dies ist, wie es scheint, besonders bei nächtlichen Thieren der Fall. Niemals jedoch fehlen, selbst wenn die Zapfen schwer nachweisbar sind, die Fortsetzungen der letzteren (Zapfenfasern, S. 160) in der Stäbchenkörnerschicht. Unter den entschieden nächtlichen Thieren sind Zapfen nachgewiesen (W. Krause, 1868) bei Hyaena striata, Maus, Igel, Iltis, ebenso bei Eulen und beim Aal): es kann also nicht angenommen werden, dass die Zapfen den nächtlichen Thieren fehlen. — Auch bei Säugethieren (beim Affen, W. Krause. 1868) u. s. w. sind ellipsoidische Körper am peripherischen Ende der Zapfen-Innenglieder vorhanden. — Die übrigen Wirbelthiere haben sämmtlich bedeutend dickere Stäbchen und z. Th. Zapfen als die Säuger, woraus zu schliessen ist, dass ihr Raumsinn weniger fein entwickelt; im Allgemeinen stehen aber Längen- und Dickendurchmesser der Stäbchen-Aussenglieder stets etwa im Verhältniss wie 1 : 10. Auch unter den Säugern finden sich beträchtliche Differenzen in der absoluten Dicke der Stäbchen; je feiner die letzteren, desto feiner ist, wie gesagt, der Raumsinn und zugleich, wie sich von selbst ergibt, desto grösser die Zahl der zugehörigen Kerne (Stäbchenkörner) und die Dicke des äusseren Lagers, das letztere bilden. Man kann deshalb aus der Anzahl der in letzterem über einander gelagerten, in ihrer Grösse ziemlich übereinstimmenden einzelnen Körner einen directen Rückschluss auf die Feinheit des Raumsinnes machen: am grössten sind beide bei kleinen Säugethieren (kleinen Nagern, Maus, Ratte, ferner Maulwurf, Wiesel), vielleicht auch bedeutend bei Thieren, die gut für die Nähe accommodiren müssen (wie z. B. das Rind).

Die Vögel besitzen in den *Zapfen* farbige Oeltropfen an der Grenze zwischen Aussen- und Innenglied, aber noch im letzteren gelegen, welche die Dicke des Innengliedes so nahe erreichen, dass das äussere Ende desselben vollständig ausgefüllt wird. Centralwärts liegt am Oeltropfen ein ellipsoidischer Körper, *Zapfen-Ellipsoid* (W. Krause, 1861), linsenförmiger Körper, Opticus-Ellipsoid, der dem Fadenapparat des menschlichen Zapfens homolog und in den Stäbchen, *Stäbchen-Ellipsoid*, ebenfalls vorhanden ist. An Augen, die 24 Stunden in 2—3%iger Essigsäure gelegen haben, treten die ellipsoidischen Körper mehr hervor (ebenso in Osmium-Präparaten) und ausserdem eine in der Axe der Innenglieder verlaufende Faser (Fig. 90 *B z*), die nicht mit der sog. Ritter'schen Faser, einer angeblichen, in der Axe von Stäbchen-Aussengliedern verlaufenden (Ritter, 1864) terminalen Nervenfaser zu verwechseln ist. Die meisten Vögel haben lebhaft tingirte Oeltropfen (Valentin, 1837), welche durch Chromsäure entfärbt, durch Aether gelöst, durch Osmiumsäure geschwärzt werden. Sie sind carmoisinroth, orange, canariengelb, grünlichgelb und blassblau oder bläulich (W. Krause, 1868; Dobrowolsky, 1871). Die letztgenannten sind viel kleiner als die übrigen und gelten gewöhnlich für farblos. Man sieht die blaue Farbe am besten bei mittleren Vergrösserungen (z. B. Hartnack's Obj. 8. Oc. III); starke Vergrösserungen verdünnen aus bekannten optischen Gründen gleichsam die Farben. — Der Farbstoff aller Oeltropfen wird auch von Alkohol und Chloroform (W. Müller, 1875) gelöst. Beim Huhn färben sich mit Jod-Jodkaliumlösung die rothen Oeltropfen violettschwarz, die gelben successive grün, blaugrün, blau, die bläulichen grünblau. Nach Schwalbe (1874), der die letzteren farblos nennt, nehmen solche nach Jodzusatz einen Farbenton an und die gefärbten Kugeln der Eidechse verhalten sich wie bei Vögeln. Nachträgliche Behandlung mit Schwefelsäure lässt sie etwas erbleichen. Alle dergleichen Oeltropfen bestehen zufolge obiger Reactionen aus Fett, welches Farbstoffe aufgelöst enthält. An von der Chorioidea her betrachteten Zapfen sieht man in deren schwächer gefärbten Oeltropfen einen centralen hellen Fleck (Schwalbe, 1874), der etwa halb so gross als der Tropfen ist und vermuthlich das peripherische Ende des durchschimmernden Zapfen-Ellipsoids repräsentirt.

Einige Vögel, namentlich die Eulen (Strix aluco und noctua, M. Schultze, 1866), besitzen nur blassgelbe Fetttropfen, während zugleich die Aussenglieder der Stäbchen besonders stark entwickelt sind; andere Vögel (Strix flammea, Hirundo rustica, W. Krause, 1868, 1873) haben fast ausschliesslich blassgelbe mit sparsamen orangefarbigen Oeltropfen. M. Schultze hielt diesen Befund für einen Beweis, dass jene Thiere keine Farben-Empfindungen haben, die wahrscheinlich nur mit Hülfe der Zapfen vermittelt werden (W. Krause, 1863, 1865; M. Schultze, 1866), während die Stäbchen der Empfindung von Schwarz und Weiss, resp. der Auffassung von Contourlinien, z. B. uncolorirter Kupferstiche dienen. Aus diesem Grunde werden die Zapfenzellen als Farbenzellen, die Stäbchenzellen als Lichtzellen (S. 154) bezeichnet. — Man kann jedoch auch nicht behaupten, dass die nächtlichen Thiere

weniger Zapfen haben als die anderen, denn auf ein Quadratmillimeter Netzhaut kommen bei Strix noctua wie beim Falken ca. 11,000 (W. Krause, 1868), beim Menschen 6—7000 Zapfen. Wo lebhaft gefärbte Zapfen-Oeltropfen, vorhanden sind — übrigens besitzt der Falke in seinen Foveae retinae (S. 170) nur gelbe (M. Schultze) — scheint die Möglichkeit ausgeschlossen, feinere Farbennüancen wahrzunehmen (womit die so häufig schreienden Farben des Vogelgefieders zusammenstimmen).

Nachdem *vier Grundfarben* an den farbigen Oeltropfen der Vogelzapfen nachgewiesen waren, erscheint es nicht ohne Bedeutung, dass Mach (1865) und Hering (1874) von ganz anderen als vergleichend-histologischen (nämlich von physiologischen) Gesichtspunkten geleitet, die allgemein verbreitete Young-Helmholtz'sche (1793 resp. 1860) Hypothese von drei Grundfarben durch eine andere ersetzt haben, welche deren vier (Roth-Grün; Blau-Gelb) annimmt. Nach genauer Untersuchung eines Falles der schon von Goethe (1812) entdeckten Farbenblindheit, den Dr. Hochecker (1874) an sich selbst beobachtete, erscheint die Annahme der Hering'schen Farbentheorie unerlässlich, da sich namentlich die spectral-analytischen Wahrnehmungen jenes medicinisch gebildeten Roth-Grünblinden absolut nicht mit der alten Hypothese vereinigen lassen.

Die *Stäbchen der Vögel* gleichen ihren Zapfen, nur dass dem dünneren, nach innen verschmälerten Innenglied der Oeltropfen fehlt und das mehr cylindrische Aussenglied sich nicht zuspitzt. Ausserdem enthält das peripherische Ende des Innengliedes beim Huhn, Falken etc. einen schlanken, kegelförmigen, centralwärts vom Stäbchen-Ellipsoid in der Axe gelegenen, wahrscheinlich *hyperboloidischen Körper* (Fig. 90 *B*, *b*), der Scheitel des Hyperboloids ist centralwärts gerichtet. Die Stäbchen treten bei den Vögeln an Zahl sehr zurück; letztere haben auch eigenthümliche Doppelzapfen.

Den Reptilien kommen *Doppelzapfen* zahlreicher zu. Es sind z. B. bei der Eidechse, wie auch bei Schildkröten und Schlangen und allen anderen Wirbelthieren, *zwei* gänzlich differente (W. Krause, 1868) Arten von Epithelialzellen der Retina vorhanden, während M. Schultze (1866) dieselben sämmtlich für Zapfen erklärt wissen wollte. W. Müller (1875) behauptete nicht ohne Grund, es sei unthunlich, alle die in der Wirbelthierreihe so mannigfach differirenden Elemente in das von den Säugern abgeleitete Schema von Stäbchen resp. Zapfen einzuzwängen, und bildete von Platydactylus lange schlanke Stäbchen neben dicken Zapfen ab. Bei den übrigen oben genannten Reptilien sieht man zwei Formen. Die Einen sind schlanker, haben ein nach aussen kolbiges Innenglied und an dieser Stelle einen gelben oder gelbrothen Oeltropfen; ihr Aussenglied ist sehr fein, zugespitzt-conisch. Die Anderen sind dickbauchiger, ihr Innenglied enthält an Stelle des Fetttropfens einen granulirten blassgelben ellipsoidischen Körper, ihre Aussenglieder sind stärker entwickelt, als die der erstbeschriebenen Zapfen. Dünnere Exemplare dieser zweiten Zapfenart wurden früher Stäbchen genannt (Hulke, 1864, bei Anguis fragilis, die nur blassgelbe Fetttropfen besitzt; W. Krause, 1863, bei Lacerta agilis). Doppelzapfen (Fig. 90 *C*), ergeben sich nun durch Combination von je einem, auf einer gemeinschaftlichen Basis aufsitzenden Zapfen der beiden Formen von solchen. Sie sind (ausser bei Vögeln) bei Schildkröten, bei Lacerta agilis, auch bei Amphibien: Fröschen und Tritonen beobachtet. Der Zapfen mit der Oelkugel oder der *Hauptzapfen* ist gewöhnlich länger als sein *Nebenzapfen*. Der letztere kürzere Zapfen enthält an seinem centralen Theile einen mit der Basis nach der Chorioidea gekehrten paraboloidischen Körper (dessen Form in Fig. 90 *C* bei *nle* zu sehr elliptisch sich ausnimmt). Der Scheitel desselben liegt centralwärts, seine Längsaxe radiär; die Substanz ist stärker lichtbrechend und homogen, während die der ellipsoidischen Körper granulirt erscheint. Von den Zapfen-Ellipsoiden unterscheiden sich die sog. ovalen Körper oder *Paraboloide* (wenigstens bei der Eidechse, Schwalbe, 1874) noch dadurch, dass erstere sich wie die Ellipsoide der Vögel mit Jod gelb oder braungelb, letztere orange bis weinroth färben.

Die Batrachier besitzen ausserordentlich stark entwickelte, am äusseren Ende etwas abgerundete Stäbchen-Aussenglieder, die sich (wie auch die Zapfenkegel und Stäbchenkegel) mit Osmiumsäure schwarz färben, während deren Innenglieder (und auch die der Zapfen) an Grösse sehr zurücktreten. Sparsamer ist eine zweite durch Schwalbe (1874) beschriebene Art von Froschstäbchen vorhanden, deren Gesammtlänge derjenigen der gewöhnlichen Stäbchen gleicht, während ihre Aussenglieder nur halb so lang sind, als die der letzteren. Die grössere Hälfte der gesammten Länge kommt auf das Innenglied, welches vermöge seiner Feinheit und einer nahe am Beginn des Aussengliedes gelegenen, einen ellipsoidischen Körper enthaltenden Anschwellung ganz den Stäbchen-Innengliedern (Fig. 90 *E*,*i*) von Knochenfischen gleicht. Die Innenglieder dieser Stäbchen sind ohne Zweifel von Ritter u. A. für axiale Nervenfasern (S. 158), Ritter'sche Fasern, angesehen worden. Auch die Innenglieder der gewöhnlichen Stäbchen enthalten an der Grenze gegen das Aussenglied ein durch Jod intensiver sich färbendes Stäbchen-Ellipsoid. — Noch grösser als die letztgenannten Stäbchen beim Frosch (Fig. 90 *D*) sind diejenigen der Tritonen; sie enthalten am peripherischen Ende des Innengliedes einen planconcaven, schwächer lichtbrechenden, *linsenförmigen Körper* und dicht daran, der Höhlung des letzteren anliegend, centralwärts eine zweite biconvexe doppeltbrechende Linse; dies System gleicht einer achromatischen Linsencombination. Salamandra maculata hat einen biconcaven und einen convex-convexen linsenförmigen Körper; Triton cristatus einen paraboloidischen Körper in den Zapfen-Innengliedern (M. Schultze, 1869). (Diese Bezeichnungen beschreiben nur den Total-Eindruck: Messungen der wahren Oberflächenkrümmungen so kleiner Körper sind nicht ausführbar.) An dem Cylindermantel der Stäbchen-Aussenglieder sind die Längsfurchen deutlicher und tiefer, als bei den Säugern; die Plättchen der Aussenglieder erscheinen demzufolge in ihrer Flächenansicht am Rande fein gekerbt; die Protoplasma-Ausläufer der Pigmentzellen enthalten Melaninkrystalle, was auch bei den Vögeln vorkommt. Beim Frosch sind die Zapfen klein, dickbauchig, mit ausschliesslich blassgelben Fetttropfen versehen. Sehr bemerkenswerth erscheint, dass es die Stäbchenkörner sind, welche unmittelbar der Membrana reticularis ansitzen, während die Zapfenfasern zwischen jenen hindurchtreten und die Zapfenkörner eine zweite, der Membrana fenestrata benachbarte Schicht bilden. Es kommen auch hier Doppelzapfen vor.

Die Knochenfische haben ausschliesslich *Zwillingszapfen* (Fig. 90 *E*), die nicht mit den beschriebenen Doppelzapfen zu verwechseln sind: beim Zwillingszapfen sind die beiden denselben constituirenden Zapfen einander ganz gleich. Diese Zapfen sind gross, namentlich ihre Innenglieder lang; dagegen die der Stäbchen sehr schlank und dünn, mit einer Anschwellung an ihrem peripherischen Ende, in welcher ein ellipsoidischer Körper sitzt. Reich (1874) fand die Zapfen-Aussenglieder bis 0,1 lang, 0,0015 dick, spitz zulaufend und viel länger als die (Fig. 90, *E a*) abgebildeten, auch die Nadeln länger als die Zapfen-Innenglieder. — Der Aal hat einfache Zapfen und Stäbchen, ebenso Scyllium canicula und Petromyzon fluviatilis (W. Krause, 1868). Bei letzterem sind die Zapfen- und Stäbchen-Ellipsoide besonders deutlich; und bei allen diesen Fischen zeigen sich die Stäbchen-Aussenglieder noch grösser als bei den nackten Amphibien.

Membrana reticularis retinae, Membrana limitans externa, äussere Begrenzungshaut. Von der Fläche gesehen, erscheinen isolirte Stücke dieser Membran in Chromsäure-Präparaten etc. wie ein aus sehr feinen Fäden gebildetes, absolut regelmässiges Netzwerk: die grösseren Maschen werden von der Basis der Zapfen, die kleineren von derjenigen der Stäbchen eingenommen. In der Profilansicht (Fig. 91) zeigt sie sich als continuirliche doppeltcontourirte Linie, auf der sehr feine, starre, radiär gestellte, nach aussen spitz zulaufende *Nadeln* sitzen. Diese füllen die Zwischenräume der mehr

oder weniger bauchigen Zapfen- und Stäbchen-Innenglieder genau und vollständig aus.

Zapfenkörner und Stäbchenkörner, äussere Körnerschicht, Stratum granulosum externum, Körnerschicht. Zapfen- und Stäbchenfasern, deren jede, wie gesagt, eines der genannten Körner enthält, bilden ein auffallend dicht verfilztes Lager radiär verlaufender Fäden, die an der Membrana fenestrata jede mit einem Zapfen- oder Stäbchenkegel aufhören. In dickeren Schnitten gesehen, besteht dieses Lager scheinbar aus lauter rundlichen Körnern, woher sein bisher gewöhnlicher Name.

Fig. 91.

Stäbchen- und Zapfenfasern in Unordnung gerathen und einem bindegewebigen Netzwerk gleichend aus der Stäbchen- und Zapfenkörnerschicht nach 24stündigem Einlegen des geöffneten Bulbus in 2 %ige Osmiumsäure. Querschnitt, V. 1000. *mle* Membrana reticularis sive limitans externa. *n* Nadeln, welche Scheiden um die Innenglieder der hier entfernten Stäbchen und Zapfen bilden. *zf* Zapfen.

Das Zapfenkorn ist der Kern der ganzen zugehörigen Zapfenzelle und sitzt unmittelbar an der Basis oder dem inneren Ende seines Zapfens dicht an der Membrana reticularis. Das Korn ist ellipsoidisch, in radiärer Richtung verlängert, besteht wesentlich aus einem ellipsoidischen hellen Kern mit Kernmembran, grossem glänzenden Kernkörperchen und parallel der Retinalfläche geschichteten Kerninhalt, der auf der Durchschnittsansicht (Fig. 90, *A z*) sich als mehrfache zarte Querstreifung markirt. Eine unendlich dünne Hülle Protoplasma-ähnlicher Zell-Substanz umgibt den Kern, hängt nach aussen mit dem Zapfen-Innenglied zusammen und geht nach innen in die *Zapfenfaser* über. Dieselbe ist dem dünneren Zwischenstück gewöhnlicher Flimmer-Epithelialzellen (S. 30) resp. von Neuro-Epithelien homolog, was auch in Betreff der Stäbchenfasern (S. 161) gilt. Die Zapfenfasern durchsetzen in radiärer Richtung und in regelmässigen, denjenigen der Zapfen von einander entsprechenden Abständen die Schicht der Stäbchenkörner. Sie sind wenig resistent gegen Reagentien, in Chrom- und Osmiumsäure-Präparaten längsstreifig, abgeplattet, häufig leicht spiralig torquirt und unter Umständen mit varicösen Anschwellungen von Strecke zu Strecke versehen. Sie gehen centralwärts jede in ein kegelförmiges, in Chromsäure-Präparaten homogenes, in solchen Augen, die mit 2—3 %iger Essigsäure behandelt wurden, glänzendes, kegelförmiges Körperchen, den *Zapfenkegel,* Zapfenfaserkegel (Fig. 90, *A zk*) über, welche Gebilde unmittelbar der Membrana fenestrata ansitzen (Fig. 89, *zk*) und einem Protoplasmafuss (S. 24) anderer Epithelialzellen gleichwerthig sind. Die der letztgenannten Membran zugekehrte Kegelbasis ist centralwärts leicht concav, der Rand verschmilzt mit den Zellen der Membrana fenestrata: in Profilansichten nimmt sich die Verbindung so aus, als wenn zwei oder auch wohl mehrere Fasern — in Wahrheit Profilansichten von Flächengrenzen der Fussplatten — sich in der Retinalfläche paralleler Richtung fortsetzten. Die Spitze des Zapfenkegels verlängert sich continuirlich in die zugehörige Zapfenfaser. Letztere besitzt noch eine Art von feinster fibrillärer Umhüllung, die *Zapfenfaserscheide,* welche nach aussen mit der Membrana reticularis verschmilzt, resp. mit den Nadeln derselben und der peripherischen Umhüllungsgrenze der Zapfen-Innenglieder zusammenhängt: centralwärts aber am Zapfenkegel sich verliert (Fig. 92). Nach Behandlung mit arseniger Säure färbt sie sich ein wenig gelblich. Sie wird durch coagulirende Reagentien aus der interstitiellen Kittsubstanz der Zapfenfasern erzeugt und stellt insofern ein Kunstproduct dar.

Analoge Verhältnisse wie die der Zapfenkörner kehren bei den **Stäbchenkörnern** wieder. Während die Zapfenkörner unmittelbar der Membrana reticularis ansitzen, ist dies bei den Stäbchenkörnern, deren Zahl viel bedeutender, etwa um das 18fache grösser ist, nur insoweit der Fall, als zwischen den Zapfenkörnern Platz bleibt; die übrigen Stäbchenkörner liegen dicht an einander gedrängt, der Masse nach die benachbarten Zapfenkörner, Zapfen- und Stäbchenfasern bei weitem überwiegend, und lassen nur die centralwärts gelegene Gegend zwischen den Zapfenkegeln frei. Jedes Stäbchenkorn wird von einem mit der Längsaxe in radiärer Richtung gelegenen, ellipsoidischen. aber nur wenig und weniger als das Zapfenkorn von der Kugelgestalt abweichenden Kern nebst Kernkörperchen gebildet und ausserdem von einer sehr dünnen, den Kern umhüllenden Fortsetzung der Stäbchenfaser. Die Stäbchenkörner sind geschichtet: sie bestehen aus je zwei bis drei Lagen verschieden stark lichtbrechender Substanzen, die mit concaven, resp. convexen Oberflächen genau an einander grenzen. In der Profilansicht, d. h. auf dem senkrechten Durchschnitt der Retina, erscheinen jene Lagen als Querstreifen (Fig. 90 *A*, *gre*); in der Flächenansicht sind sie nicht wahrnehmbar; sie stellen biconcave, concav-convexe und convex-convexe Linsen dar, die wie ein Objectiv eines achromatischen Microscops jedes Stäbchenkorn zusammensetzen. In Chromsäure-Präparaten sieht das Korn fein granulirt aus, in Osmiumsäure-Präparaten (z. B. 0,1 %) wird mit starken Vergrösserungen das Kernkörperchen (selten deren zwei) sichtbar; zugleich mit der Querstreifung ist dasselbe nicht zu erkennen. Die Schichtung erscheint in den frischen Stäbchenkörnern nur leicht angedeutet, tritt aber nach Behandlung mit Alkohol und nachherigem Essigsäure-Zusatz, oder Einlegen in 3%ige Essigsäure, am besten an vergoldeten oder mit Alkohol, Hämatoxylin und Canadabalsam behandelten Präparaten hervor: nach den beiden letzteren Methoden wird die stärker lichtbrechende Substanz intensiver gefärbt.

Bei den Wiederkäuern ist die Querstreifung der Stäbchenkörner am leichtesten wahrzunehmen; undeutlicher, aber zahlreicher geschichtet, tritt sie bei anderen Wirbelthieren auf: an den Stäbchen- und Zapfenkörnern des Falken und Huhnes, den Zapfenkörnern des Affen (W. Krause, 1868). Hier sieht man sie vorzüglich an Carmin-Canada-Präparaten.

Da die Zapfen und folglich auch die Zapfenfasern in regelmässigen Abständen von einander stehen, so erscheinen namentlich an Durchschnitten in Alkohol gehärteter Netzhäute (von Wiederkäuern, s. oben) die Stäbchenkörner in parallele radiär gestellte Reihen oder Säulen von je 1—2 Körnern geschichtet.

Die *Stäbchenfasern* inseriren sich mit leicht verdicktem dreieckigem Ende (Fig. 90 *A*. Fig. 91) an die Membrana reticularis; centralwärts gehen sie jede in einen *Stäbchenkegel* über, der analog den Zapfenkegeln sich verhält, nur sehr viel kleiner ist und sich mit der Membrana fenestrata verbindet (Fig. 89). In Präparaten, die nach Einlegen des frischen Bulbus in dünne (0,015%) Chromsäure- und (0,1—0,2%) Osmiumsäure-Lösungen angefertigt sind, werden die Stäbchenfasern constant leicht-varicös, der Stäbchenkegel löst sich von der Membrana fenestrata und erscheint als centrales verdicktes Ende, resp. als dickste Varicosität der Stäbchenfaser.

Die der Membrana fenestrata chorioidealwärts zunächst benachbarte flächenhafte Parthie ist Körner-frei, und es wird ihre bei schwächeren Vergrösserungen fein granulirte Beschaffenheit von den etwas gebogen oder spiralig verlaufenden Stäbchenfasern vorgetäuscht. Sie enthält nur die Stäbchen- und Zapfenkegel nebst inneren Enden der Stäbchen- und Zapfenfasern und kann als *Stäbchen-* und *Zapfenfaserschicht* (der sog. äusseren Körnerschicht), äussere Faserschicht, unterschieden werden (Fig. 89, woselbst die Fasern zwischen *bf* und *zf* länger gezeichnet sind, wie sie in der Nähe des gelben Flecks vorkommen; im übrigen Hauptheil der Retina sind sie kürzer und die Stäbchenkörner reichen bis zwischen die Zapfenkegel).

Nervöse Schicht, Nervenblatt der Retina, Gehirnschicht, Tunica nervea, bindegewebig-nervöse Schicht. Das flächenhaft ausgebreitete Retinalganglion (S. 152) wird von Blutgefässen und Bindegewebe durchzogen. An der äusseren und inneren Begrenzung tritt letzteres in Form von zwei Membranen: Membrana fenestrata resp. Membrana limitans zu Tage: es durchsetzt die Masse dieser Schicht in Form radiärer Stützfasern. Hiervon abgesehen enthält die nervöse Schicht *vier Unterabtheilungen* von aussen nach innen: die Körnerschicht, granulirte Schicht, Ganglienzellenschicht und Opticusfaserschicht.

Die **Membrana fenestrata,** Zwischenkörnerschicht, äussere granulirte Schicht, erscheint bei mittelstarken Vergrösserungen auf senkrechten Durchschnitten als fein granulirte, sehr dünne Schicht. An 0,1—1 %igen zerzupften Osmiumsäure-Präparaten oder mit H. Müller'scher Flüssigkeit, ferner an Flächenschnitten gefrorener Chromsäure-Präparate erweist sie sich aus sternförmigen platten Zellen zusammengesetzt, mit platten leicht granulirten Kernen in den homogenen der Membran-Ebene conform gelagerten Zellenkörpern. Sie senden zahlreiche mit denen benachbarter Zellen anastomosirende Ausläufer ab, welche ein dichtes, sehr feines, nach aussen mit den Zapfen- und Stäbchenkegeln, nach innen mit den peripherischen Enden der Stützfasern (S. 163) zusammenhängendes Flechtwerk bilden. Die Maschen sind theilweise sehr fein, ihre Lücken punktförmig, zum Theil sind letztere grösser und greifen in die Zellenkörper selbst ein. Als gefensterte Membran mit rundlichen Löchern erscheint diese Haut nur auf Flächen- oder schrägen Schnitten nach Einlegen der Retina in kohlensaures Kali oder Chlorcalcium, auch in 2—3 %ige Essigsäure. Ihr gewöhnlich punktirtes Aussehen ist wesentlich von den zahlreichen Stäbchenkegeln abhängig; es tragen dazu optische Querschnitte von Ausläufern der Zellen bei; letztere sind Inoblasten und können theilweise (namentlich bei Vögeln) wegen ihrer zahlreichen Ausstrahlung als Spinnenzellen (S. 49) bezeichnet werden. An schrägen Schnitten von Netzhäuten, die in 33 %igem kohlensaurem Kali erhärtet wurden, hebt sich die Membrana fenestrata in Flächenansicht zwischen den granulirten Körnerschichten glänzend hervor. Die Zellenkerne erscheinen hier und da als rothe stäbchenförmige der Retinalfläche parallele Körperchen auf Dickendurchschnitten der Retina, wenn letztere successive mit Alkohol, Carmin, 3 %iger Essigsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam behandelt wurde. — Gegen 3 %ige Essigsäure sind die Zellen, sowie auch die Zapfenkegel, resistent; erstere widerstehen der Fäulniss ebenfalls ziemlich lange.

Die Membrana fenestrata ist bei allen Wirbelthieren vorhanden; ihre festere Beschaffenheit und Verwachsung mit den Radialfasern trägt dazu bei, dass die Retina sich in Chromsäure-Präparaten etc. leicht in zwei Hälften trennt (S. 153), indem die Stäbchen- und Zapfenfasern am peripherischen Ende ihrer zugehörigen Kegel abreissen. An der inneren dickeren Hälfte bleiben die Stäbchen- und Zapfenkegel meistens sitzen. — Die wahre Structur der Membrana fenestrata kann selbstverständlich nur auf Flächenansichten, nicht etwa an senkrechten Durchschnitten erkannt werden. Auf letzteren gleicht sie einer granulirten Masse, und wurde sie daher bisher meist äussere granulirte Schicht genannt. Um sie als gefensterte Membran zu sehen, sind vielmehr Flächenschnitte der Retina anzufertigen. Bei Vögeln (Huhn) genügt es jedoch, die Retina einige Stunden in 0,1 %iger Osmiumsäure zu maceriren, sie mit der Limitans interna nach unten auszubreiten und vorsichtig die Pigmentschicht nebst den Zapfen zu entfernen, um die schönsten Bilder einer gefensterten Membran zu erhalten, deren vielstrahlige Zellen mit den Enden der radialen Stützfasern zusammenhängen. Von der Membrana reticularis retinae unterscheidet man die fenestrata leicht durch ihre grösseren und ganz unregelmässigen Maschen, während die Balken der ersteren zugleich ausserordentlich dünn sind.

Die Zusammensetzung der Membrana fenestrata (W. Krause, 1868) aus Zellen, die den Werth von Inoblasten haben, dicht an einander gelagert sein oder mehr oder weniger lange, sich verflechtende Ausläufer aussenden können (was grösstentheils, wie gesagt, von der Präparations-Methode abhängt), ist von Golgi und Manfredi (1872, beim Pferde), Schwalbe (1874, beim Hecht), Ewart (1874, bei der Katze) bestätigt worden. Rivolta (1871, beim Pferde) hielt ihre sternförmigen Zellen für Ganglienzellen. — Die meisten Beobachter fanden bei Säugern entweder nur feine Körnchen oder deuteten (wie Schwalbe, 1874) die Zellen-Ausläufer als einen Plexus markloser Nervenfibrillen (der Nerven-Ansätze, W. Müller, 1875). Letzterer sah jedoch, dass bei allen Wirbelthieren die Schicht aus tangential gestellten, platten kernhaltigen Zellen gebildet wird, deren Ausläufer ein enges Netzwerk (Membrana fenestrata) zusammensetzen, und bildete die Kerne dieser, selbst den Petromyzonten zukommenden bindegewebigen (sog. Fulcrum-) Zellen auch ab (Frosch; Barsch; Platydactylus, woselbst die Membrana fenestrata als Limitans externa bezeichnet zu sein scheint).

Die **Körnerschicht,** Stratum granulosum internum, innere Körnerschicht, äussere gangliöse Schicht, Ganglion retinae, enthält die *Stützfasern* oder radialen Stützfasern, Radialfasern, H. Müller'sche Fasern, und ausserdem die Körner. Erstere sind mehr oder weniger platte, mit länglich-ellipsoidischen, radiär gestellten Kernen versehene, bandartige Fasern, die den Werth von Inoblasten haben. Ihre mehrfach getheilten äusseren Enden verbinden sich mit den Zellen der Membrana fenestrata; nach innen setzen sie sich in radiärer Richtung durch die granulirte, Ganglienzellen- und Opticusfaser-Schicht fort und inseriren sich mit kegelförmigen oder trompetenförmig verbreiterten Enden an die Membrana limitans. Auf ihrem Verlauf durch die Körner-, die granulirte und Ganglienzellen-Schicht geben sie sehr zahlreiche seitliche Aeste ab, die unter Anastomosen ein zartes Schwammgewebe oder Maschengerüst bilden, in welches die übrigen Bestandtheile der erst- und letztgenannten dieser Schichten eingelagert sind. In Folge des Abreissens ihrer Aeste sehen die isolirten Stützfasern meist rauh und zackig aus.

Einige halten die radialen Stützfasern für glatt und ihre rauhe Beschaffenheit für Kunstproduct (Osmiumsäure). Glatt erscheinen sie nach Behandlung mit Oxalsäure oder 10%iger Kochsalzlösung (Schwalbe, 1871); das Verhalten in Osmiumsäure, welches obiger Beschreibung zu Grunde liegt, entscheidet für ihre rauhe Beschaffenheit resp. Zusammenhang mit der granulirten Schicht etc. Sie sind resistent gegen verdünnte Säuren oder Alkalien, färben sich mit Zucker und Schwefelsäure röthlich, durch Salpetersäure und Kali gelb, lösen sich beim Kochen nicht (Kölliker, 1854).

Unter den *Körnern*, inneren Körnern, Körnerzellen, selbst sind die äusserste und innerste Lage von der übrigen Hauptmasse der Körner etwas verschieden. Was zunächst die letztere anlangt, so liegen deren Bestandtheile dicht an einander gedrängt, sind kuglig, ein wenig grösser als die Zapfen- und Stäbchenkörner, durchaus nicht geschichtet, bei starken Vergrösserungen in Osmium-Präparaten durch jene ersteren Merkmale von den letztgenannten Elementen auffällig verschieden, haben ein Kernkörperchen wie diese und hängen mit sehr feinen (0,0005) Fäden, *Kornfasern,* innere Körnerfasern, zusammen, die sich durch die ganze Körnerschicht bis in die granulirte, manchmal ziemlich weit, verfolgen lassen. Die Körner der geschilderten Hauptmasse sind bipolar und die zu ihnen tretenden Fasern durch ihre Feinheit, Vergänglichkeit, Varicositäten von den Stützfasern unterschieden. Der gegen die Membrana fenestrata verlaufende Theil einer solchen Kornfaser ist mitunter etwas stärker, als der centralwärts vom Korn gelegene.

Die äusserste Lage der Körner ist unipolar, sendet nur nach innen eine Kornfaser; die Körner ragen zum Theil mit ihren äusseren Hälften in die Lücken der Membrana fenestrata hinein, wie in Durchschnitts-Präparaten mit Müller'scher Flüssigkeit oder 0,1%iger Osmiumsäure zu sehen ist. Die innerste Schicht der Körner, Spongioblastenschicht, besteht aus etwas grösseren Körnern mit mehr Protoplasma und unregelmässiger Form; sie sind mitunter tripolar.

Der Bau der Körnerschicht ist am wenigsten aufgeklärt. Es wird angenommen, dass die radialen Kornfasern, mit welchen sie in Verbindung stehen, Fortsetzungen der peripherischen Ausläufer der Ganglienzellen darstellen, und erstere werden deshalb als nervöse Radialfasern von den bindegewebigen radialen Stützfasern oder eigentlichen Radialfasern unterschieden. Vereinzelte Beobachtungen weisen namentlich auf einen solchen Zusammenhang für die innerste Schicht der (inneren) Körner hin. In diesem Falle würden die in auffallender Weise unipolaren äussersten Körner der Körnerschicht die End-Apparate des Sehnerven (Fig. 92) sein und als terminale Ganglienzellen aufgefasst werden können; sie sind, wie man auf dem Flächenschnitt sieht, ebenso mosaikartig angeordnet wie die Zapfen und Stäbchen. Hulke (1864, beim Frosch) fand, dass sich die innerste Lage der Körner mit Carmin schwächer als die übrigen färbt, während man nach Schwalbe (1874) durch Anwendung von Chlorplatin-Chromsäure, Alkohol, Hämatoxylin nur die genannte Lage (und die Stäbchen- resp. Zapfenkörner, nicht aber die Ganglienzellen) blau gefärbt erhält. W. Müller (1875) sah sie auch an Carmin-Präparaten (Mensch, Salamander) stärker gefärbt und deutete sie als Kerne von Bindegewebszellen (Spongioblasten), welche mit ihren Ausläufern die granulirte Schicht zusammensetzen. Die Dicke der Körnerschicht ist bei Vögeln und Amphibien viel beträchtlicher als die der Stäbchen- und Zapfenkörnerschicht. Bei Säugern verhält es sich umgekehrt, und die Differenz hängt von der Feinheit und grösseren Anzahl der Stäbchenzellen ab, da zu jeder derselben (sowie bei den Zapfen) ein Kern gehört. Vielleicht correspondirt die Anzahl der Körner mit der Häufigkeit von Theilungen der verästelten Ganglienzellen-Ausläufer und ist der Feinheit des Raumsinnes (S. 158) gleichsam umgekehrt proportional. — Die Kornfasern verlaufen in der Nähe der Macula lutea des Menschen nicht in genau radiärer Richtung, sondern etwas schräg, was bei Vögeln (und nach W. Müller, 1875, auch bei Eidechsen) deutlicher hervor-

tritt. Nach Schwalbe (1874, beim Frosch) soll ihr gegen die Membrana fenestrata gerichtetes Ende sich auch theilen können; öfters hört die Kornfaser mit einer kleinen quergestellten Platte auf, die als Nerven-Endigung angesprochen worden ist (Merkel, 1870). Vielleicht sind diese Plättchen jedoch Kerne der Zellen der Membrana fenestrata gewesen. — Bei den Fischen wird die äusserste, an die Membrana fenestrata grenzende Schicht der (inneren) Körner von grossen polyedrischen, granulirten, unter einander zusammenhängenden, mit grossen hellen, abgeplatteten, uninucleolären Kernen versehenen Zellen gebildet, deren Bedeutung (Endapparate des N. opticus?) nicht mit Sicherheit bekannt ist. Durch die Lücken dieser Zellenlage treten die bindegewebigen radialen Stützfasern hindurch: man kann dieselbe daher *Membrana perforata* (W. Krause, 1868) nennen. (Schwalbe, 1874, bezeichnete sie als mittlere Zellenlage der äusseren granulirten Schicht.) Bei Knochenfischen, z. B. Karpfen, folgt dann noch eine Lage (oder nach Reich, 1874, beim Hecht zwei in einander gedrängte Lagen) sternförmiger, tiefgelappter Zellen mit langen anastomosirenden Ausläufern nach innen von der Membrana perforata, und auf diese wiederum ein Geflecht streifiger platter 0,2 langer, 0,002 - 0,006 breiter, sich durchkreuzender Fasern oder Stränge, welche hier und da Kerne enthalten, und die schon H. Müller (1857) bei Cyprinus barbus und Leuciscus beschrieben hat und als langgestreckte, verästelte Zellen erkannt zu haben scheint. Dieses Fasergeflecht wird von sich verfilzenden Ausläufern sehr langer platter Zellen gebildet. — Aehnliche Verhältnisse bieten sich bei Rochen, Haien, Cyclostomen (H. Müller, 1857) und namentlich bei den Petromyzonten. Die Zellen der Membrana perforata sind fast cubisch, ihre Kerne jedoch abgeplattet, und deren Flächen-Ausdehnung in der Ebene der Membran gelegen. Von M. Schultze (1871, bei Petromyzon fluviatilis) und Langerhans (1873, P. Planeri), wie früher bei Fischen überhaupt von Vintschgau (1854), wurden sie für Ganglienzellen gehalten. Es ist jedoch die Reihenfolge der Schichten die gewöhnliche (W. Krause, 1872, bei P. fluviatilis), und sind die Zellen als der Membrana perforata des Hechtes homolog zu deuten (W. Krause, 1872; Schwalbe, 1874). Nach innen folgen netzförmig angeordnete Stränge, und zwischen letzteren blassere, kleinere, mehr abgeplattete Zellen. Die Stränge hielten M. Schultze und Langerhans für Opticusfasern: sie entsprechen in Wahrheit dem von H. Müller (1856) erwähnten Geflecht, das M. Schultze (1859, bei Raja clavata) als Stratum intergranulosum fenestratum beschrieb, wobei letzterem wahrscheinlich die Kerne der erwähnten tiefgelappten Zellen zugerechnet wurden. Richtiger ist es wohl, das Geflecht mit der einfachen oder doppelten Lage tiefgelappter Zellen zusammenzufassen, und bei den Fischen überhaupt wegen der grösseren, in der Flächenansicht leer erscheinenden Lücken als Membrana s. *Stratum lacunosum* zu bezeichnen. W. Müller (1875) fasste die Membrana perforata mit dem Stratum lacunosum als bindegewebige Schicht der tangentialen Fulcrumzellen zusammen. — Die Körner von Petromyzon fluviatilis wurden von W. Krause früher für Ganglienzellen erklärt, während Langerhans (bei Petromyzon Planeri) und W. Müller (bei P. fluviatilis) die wirklichen Ganglienzellen (0,013—0,025 bei P. fluviatilis, W. Krause; W. Müller, 1875, hat ähnliche Zahlen) nahe der Limitans auffanden. In der That besteht der wesentliche Unterschied der Neunaugen-Retina darin, dass die granulirte, Opticus- und Ganglienzellen-Schichten bei diesen niederen Wirbelthieren sich nicht differenzirt haben: wie Langerhans gezeigt hat, verlaufen die Nervenfasern hauptsächlich an der inneren Grenze der Körnerschicht. Zwischen letzteren und der Membrana limitans liegt nämlich eine dicke weiche feinkörnige Schicht, worin die Opticusbündel, namentlich, wie gesagt, in der Nähe der Körner, spitzwinklige Plexus bilden. In den Maschen und hauptsächlich zwischen den Stützfaser-Ansätzen an die Membrana limitans findet man die Ganglienzellen in der granulirten Substanz wie vergraben. Das richtige Verständniss der scheinbar abnorm situirten Schichten bei Petromyzon wird durch Vergleichung mit Scyllium canicula (W. Krause, 1868) wesentlich erleichtert. — Ohne Zweifel dürfte sich herausstellen, dass die geschilderten differenten Zellenlagen verschiedene physiologische Bedeutungen haben; bei höheren Wirbelthieren erinnert die (innere) Körnerschicht jedoch am meisten an die Körner der Kleinhirnrinde (S. Cerebellum), des Bulbus olfactorius und der Fascia dentata am Cornu Ammonis (S. Nervensystem).

Die **granulirte Schicht,** innere granulirte oder moleculäre Schicht, Stützsubstanz, Neurospongium, ist bei mittelstarken Vergrösserungen feinkörnig, bei stärksten auflösbar in ein sehr zartes anastomosirendes Schwammgewebe oder Netzgeflecht, das mit den niemals Varicositäten zeigenden Ausläufern der Stützfasern, welche diese Schicht durchsetzen, zusammenhängt. Beim Kochen etc. verhält sie sich Eiweisskörpern ähnlich, woran nebenbei ihr bedeutender Gehalt an feinsten Ganglienzellen-Ausläufern Schuld sein dürfte, den sie mit der Neuroglia (S. Nervensystem) theilt.

Die **Ganglienzellenschicht,** Stratum gangliosum s. globulosum, Ganglion N. optici, innere gangliöse Schicht, besteht aus einer einfachen oder (in der Nachbarschaft der Macula lutea) mehrfachen (S. 155. Fig. 89*gg*) Lage multipolarer Ganglienzellen, von denen zwei bis drei Protoplasma-Ausläufer in radiärer Richtung nach der granulirten Schicht vordringen, sich innerhalb der letzteren wiederholt dichotomisch in zahlreiche feine Aeste theilen; die letzten Verzweigungen reichen bis an die innerste Schicht der Körner heran. In der hinteren Hälfte der Retina liegen die Zellen öfters alternirend, gleichsam in zwei Reihen, theils auch in die granulirte Schicht sich eindrängend. In der Ebene der Retinalfläche geht ein Axencylinderfortsatz von jeder Ganglienzelle aus und verbindet sich mit einer Sehnervenfaser, welcher Stelle der Ganglienzellenkern benachbart liegt. Die Zellen sind in der überlebenden Retina wasserklar, bald nach dem Tode oder in Reagentien trüben sie sich und erscheinen unter Umständen fibrillär concentrisch gestreift. Der Zellenkörper-Durchmesser schwankt zwischen 0,012—0,028; kleine und grosse kommen dicht neben einander vor.

Ob die Ausläufer der Ganglienzellen mit einander anastomosiren, ist zweifelhaft, wird jedoch vom Elephanten (Corti, 1854), Pferd, Walfisch (Sirena, 1871) und Menschen angegeben. Jedenfalls sind solche Anastomosen selten (S. auch Nervensystem). — Beim Pferd kommen nach Sirena (1871) bindegewebige kernhaltige Scheiden

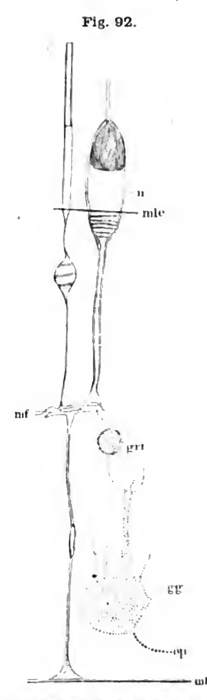
der Ganglienzellen, nach Golgi und Manfredi (1872) sowie Schwalbe (1874) jedoch nur platte Endothelien zwischen den Ganglienzellen wie in der Opticusfaserschicht (S. unten) vor. Die Ganglienzellen können beim Pferd und beim Walfisch bis zu 10 Fortsätze besitzen (Sirena, 1871). Bei Thieren (einigen Vögeln, Knochenfischen) sind die Ganglienzellen in der ganzen hinteren Hälfte der Retina in zwei bis drei Lagen vorhanden. Vögel, Amphibien, viele Fische, Cyclostomen etc. haben weit kleinere Zellen als die Säugethiere. — Ueber die granulirte Schicht ist noch zu bemerken, dass dieselbe bei den Wirbelthieren, mit Ausnahme der Säuger, am deutlichsten bei den Vögeln, in mehrere (bis zu 8, G. Wagener, 1868; bis zu 10, W. Müller, 1875, beim Frosch) concentrisch zum Mittelpunkt des Bulbus geschichtete Lagen zerfällt. Offenbar ist an den dunkleren Grenzlinien der letzteren das reticuläre Bindegewebe verdichtet.

Opticusfaserschicht, Nervenfaserschicht, innere Faserschicht. Die Bündel des N. opticus strahlen von der Eintrittsstelle divergirend nach allen Seiten aus, gelangen anastomosirend und sich verdünnend in meridionaler Richtung bis zu den Ora serrata. Meridionale Schritte zeigen sie auf ihrem Längsschnitt, äquatoriale auf dem Querschnitt als Pünktchenhaufen, die von den Stützfasern gesondert werden. Die letzteren stellen im Hintergrund des Auges meridional geordnete Septa dar, insofern die Haupt-Ausbreitung ihrer platten Zellenkörper in derselben Richtung stattfindet. Auf der Flächenansicht werden an der frischen Retina die Ganglienzellen in kleinen Gruppen zwischen den aus einander weichenden Faserbündeln sichtbar; und in der vorderen Hälfte der Retina verwischt sich die Trennung der Zellen- und Faserschicht: die feinen Plexus von Nervenbündeln umspinnen die Ganglienzellen in der Schicht-Ebene der letzteren; hierbei nehmen ihre Maschen mehr quadratische, aber abgerundete Formen an, während im Haupttheil der Retina die Nervenfaserbündel sich spitzwinklig durchflechten. Nur oberhalb der Macula lutea, woselbst sie in bogenförmigem Verlauf die Macula umkreisen (S. 169), liegen an einer kleinen Stelle die von der Papilla N. optici ausstrahlenden Bündel doppelt über einander. Auf und zwischen den Nervenbündeln findet man längliche, der Verlaufsrichtung folgende Inoblasten mit platten Kernen und vielen Ausläufern: sie repräsentiren das den Opticusfasern fehlende Neurilem. — Die Nervenfasern sind von sehr verschiedener Dicke: manche unmessbar feine stellen marklose Fibrillen dar, andere sind Bündel von solchen; alle bieten in Folge von Quellung Varicositäten. Sie gehen in die Axencylinderfortsätze der Ganglienzellen über.

Endigungen des N. opticus. M. Schultze (1871) und Schwalbe (1874) halten es für möglich, dass nicht alle Fasern des N. opticus in Ganglienzellen endigen: Letzterer sah Fasern am Sehnerven-Eintritt direct in die Stäbchenkörnerschicht und Körnerschicht treten (welche dieselbe jedoch nur durchsetzen dürften, um zur Ganglienzellenschicht zu gelangen, W. Krause), und vermuthete, dass vielleicht einige Sehnervenfasern sich direct mit Körnern verbinden, andere mit den Axencylinderfortsätzen und noch andere mit den verästelten Fortsätzen der Ganglienzellen. Zu diesen Annahmen scheint jedoch kein Grund vorhanden zu sein. Ohne Zweifel hat jede Zelle einen Axencylinderfortsatz: die Zahl der Ganglienzellen in der ganzen Retina ist aber jedenfalls nicht kleiner als die der Nervenfasern im Opticusstamm, welche auf wenigstens 1 Million geschätzt werden kann.

Nach der gewöhnlichen Annahme hängen sämmtliche Fasern, in welche sich die Körner nach innen und aussen fortsetzen, einerseits, indem sie in der granulirten Schicht einen Plexus bilden, mit den Ausläufern der Ganglienzellen, und andererseits vermittelst eines sehr feinen nervösen Plexus, für welchen die Zellenausläufer der Membrana fenestrata angesehen werden, mit den Stäbchen und Zapfenkegeln zusammen: die Stäbchen- und Zapfen selbst wären also die eigentlichen Endorgane des N. opticus (H. Müller sowie Kölliker, 1852), und die Umsetzung von Lichtwellen in Nervenerregung ginge in deren Aussengliedern vor sich (M. Schultze, 1866—1872) oder in den Ellipsoiden (empfindlichen Körpern) der Stäbchen- und Zapfenzellen (Sehzellen, W. Müller, 1875). Letzterer sah bei Reptilien und Amphibien sowohl den erwähnten feinen und mit dreieckigen Knotenpunkten versehenen Nervenfibrillenplexus in der granulirten Schicht, (bei Triton taeniatus), als Verbindungen der Kornfasern mit Zapfenkegeln (Platydactylus, Protopterus, Salamandra, Triton). Es wird dabei angenommen, dass zwischen den Kernen der Stäbchen- und Zapfenzellen ausser den Stäbchen- und Zapfenfasern noch ein bindegewebiges Fasersystem: Fortsetzungen der schliesslich an die Membrana reticularis sich inserirenden radialen Stützfasern vorhanden sei. Die sog. Stützfasern der äusseren Körnerschicht sind aber nichts weiter als die Stäbchen- und Zapfenfasern selbst incl. der Zapfenfaserscheiden, nachdem an dickeren Schnitten in stärkeren (0,1—1 %) Chromsäure- oder in (0,1—2 %) Osmiumsäure-Lösungen gehärteter Präparate die Stäbchen- und Zapfenkörner ausgefallen oder durch Pinseln entfernt worden sind, was leicht gelingt. Auf diese Art erhält man einen scheinbar bindegewebigen Filz, dessen Fasern (Fig. 91) den gestreckten Verlauf in Folge von Schrumpfung dieser Schicht resp. der ganzen Retina und die sonst sichtbaren Varicositäten eingebüsst haben, und der mit den Membranae limitans und reticularis, sowie Bruchstücken der Membrana fenestrata untrennbar zusammenhängt. — Derartige Kunstproducte haben den Fortschritt in der Lehre von der Retina sehr lange aufgehalten, resp. die unnatürliche Sonderung von Bestandtheilen derselben Epithelialzelle (Sehzelle, W. Müller, 1875, von dem die übrigen S. 151 eingeklammerten Bezeichnungen herrühren) bestehen lassen. Erst durch Schwalbe (1874), dem sich W. Müller (1875) und W. Krause (Arch. f. micr. Anat. 1875, S. 224) anschlossen, wurde die epitheliale Schicht (musivische Schichten, Henle, 1866) als solche erkannt, sowie von W. Krause (1868 u. 1875) das Bindegewebe aus der epithelialen Schicht zurückgewiesen, und die Membrana reticularis als Cuticularbildung des Retina-Epithels betrachtet. Sie ist der Membrana reticularis olfactoria (S. 178), nicht minder der gleichnamigen Membran in der Schnecke (S. 133) gleichwerthig. — Das sehr verbreitete Schema in Betreff der Trennung von bindegewebigen und nervösen Bestandtheilen der Retina muss schon deshalb verworfen werden, und man unterscheidet auch in physiologischer Hinsicht richtiger einen

Fig. 92.



Schema vom Bau der Retina. Querschnitt, V. 700. Ein Stäbchen und ein Zapfen stehen mit einem Zapfen- und Stäbchenkorn in Verbindung und letztere beiden mit einer sternförmigen Zelle *mf* der Membrana fenestrata. Diese Zelle setzt sich in eine kernhaltige Radialfaser fort. Die Zapfenfaser wird von einer feinen etwas abstehenden Scheide umgeben, welche sich in zwei Nadeln *n* fortsetzt, die seitlich neben dem Zapfen-Innenglied stehen. *mle* Membrana reticularis s. limitans externa. *ml* Membrana limitans (interna). *gg* multipolare Ganglienzelle, durch einen ihrer Ausläufer mit einem (inneren) Korn *gri* in Verbindung, ferner mit einer Opticusfaser *op*. Erstere Verbindung wird nur vermuthet. Die nervösen Bestandtheile sind durch Punktirung hervorgehoben, die granulirte Schicht, durch welche die Ausläufer der Ganglienzelle hindurchtreten, ist weggelassen, ebenso die Gefässe.

epithelialen katoptrisch-dioptrischen Apparat von dem nervösen Apparat und dem bindegewebigen Stütz-Apparat oder Stützgewebe. Die beiden letzteren zusammen stellen die erwähnte (S. 152) kugelschalenförmige Lage grauer Hirnsubstanz dar. Zum Stützgewebe (Neuroglia; Fulcrum, W. Müller, 1875) gehören granulirte Schicht, Stützfasern, Membranae fenestrata und limitans; zur Nervensubstanz die Opticusfasern und Ganglienzellen, während die Bedeutung der Körner und Kornfasern nicht sicher aufgeklärt ist: die äussersten unipolaren (S. 163) Körner, sowie wahrscheinlich Kerne der Membrana fenestrata (S. 164) wurden ebenfalls für Endorgane des Sehnerven angesprochen. — Was den katoptrisch-dioptrischen Apparat anlangt, so findet in den Aussengliedern eine Reflexion der Aetherwellen statt (Brücke, 1844); es ist aber zweifelhaft, ob wesentlich resp. ausschliesslich das reflectirte, resp. von der inneren Endfläche der ersteren in die Retina zurückkehrende Licht empfunden wird (Goodsir, 1857; M. Schultze, 1866; W. Krause, 1868) oder ob dasselbe nur als rein physicalische Nebenerscheinung auftritt und physiologisch betrachtet verloren geht. Betrachtet man die mannigfaltigen Structuren: Plättchen der Aussenglieder, Oeltropfen, Faden-Apparat, resp. ellipsoidische, linsenförmige, hyperboloidische und paraboloidische Körper der Innenglieder, die quere Schichtung der Stäbchenkörner und die öfter wiederholte der Zapfenkörner durch die ganze Thierreihe, so wird schon aus dem anatomischen Befunde eine Einwirkung auf den Gang von Lichtstrahlen, nicht von Nerven-Erregung, wahrscheinlich. Erstere lässt sich auch experimentell nachweisen, denn die Stäbchen-Aussenglieder mit ihren dioptrischen Neben-Apparaten zusammen entwerfen ein verkleinertes Bild äusserer Gegenstände, z. B. des Microscopspiegels, das beim Frosch und Schwein direct zu beobachten ist (W. Krause, 1868). Sind die Stäbchen-Aussenglieder des Frosches etc. horizontal gelagert, so zeigen sie eine nach der Focusstellung helle oder dunkle axiale Linie, die auf ganz demselben optischen Effect beruht, wie z. B. das längliche, helle Centrum einer ovalen Luftblase, und keineswegs mit Schwalbe (1874) als ein differenter Axenfaden zu deuten ist. — Der Brechungsindex der Aussenglieder von Froschstäbchen dürfte zwischen 1,45—1,47 liegen (Wasser = 1,3358; W. Krause, 1868); positiv doppeltbrechend fand sie Valentin (1861).

Was die oben (S. 153) angedeuteten *Homologieen* im Einzelnen anlangt, so zeigt zunächst die Entwicklungsgeschichte, dass Stäbchen- und Zapfenfasern incl. der zugehörigen Körner ursprünglich spindelförmige, radiär gerichtete Zellen sind; die Stäbchen und Zapfen selbst entstehen als Ausläufer dieser Zellen z. Th. erst nach der Geburt: ihre Aussenglieder sind z. B. beim neugeborenen Kaninchen nur als Wald ausserordentlich feiner starrer Haare in der ganz frischen Retina auch ohne Anwendung Müller'scher Flüssigkeit sichtbar (W. Krause, 1868). — Die bis zur Membrana fenestrata reichenden Stäbchen- und Zapfenzellen entsprechen dem Epithel des vorderen Theiles der primären Augenblase, die Zellen der Pigmentschicht demjenigen des hinteren Theiles. Die fädigen centralwärts gerichteten Ausläufer der Pigmentzellen sind den Aussengliedern der Stäbchen und Zapfen homolog, mit denen sie gegenseitig verzahnt sind: beide correspondiren mit Cilien oder Haaren anderer Epithelialzellen: die Aussenglieder werden auch als Cuticularbildungen betrachtet. Auffallend ist wie gesagt die Aehnlichkeit der hervorsprossenden Stäbchen mit einem von starren Cilien gebildeten Saume beim neugeborenen Kaninchen. Die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen sind Theile der Zellenkörper selbst; die Membrana reticularis wie die Zapfenfaserscheiden erscheinen als secundäre Zellen-Ausscheidungen. Die letztgenannte Membran ist keine continuirliche Membran, sondern erscheint so nur an den vorwiegend untersuchten senkrechten Retina-Schnitten — sie ist auch keine Grenzmembran, und, da sie nach innen von den Stäbchen und Zapfen liegt, der Membrana limitans (interna) durchaus nicht zu parallelisiren — sie wird daher am besten mit Rücksicht auf ihre (S. 165) erwähnten Homologa am Neuro-Epithel der Schnecke und des Riech-Epithels als Membrana reticularis retinae bezeichnet. Am auffallendsten ist die Aehnlichkeit mit der Membrana reticularis olfactoria, die an der äusseren Grenze der Epithelialzellen der Regio olfactoria gerade dort gelegen ist, wo (bei Thieren) Haare von den letzteren Zellen nach aussen ragen. Gerade solchen Haaren sind aber, wie gesagt, die Stäbchen und Zapfen homolog. Die Membrana reticularis retinae ist mithin eine von jenen Cilien netzförmig durchbrochene, als Ausscheidung der epithelialen Zellen zu betrachtende Cuticularbildung (S. 22). Da die Stäbchen- und Zapfenfasern die Zellenkörper der epithelialen Auskleidung innerhalb des Centralkanals des Rückenmarks repräsentiren, so sind die Stäbchen- und Zapfenkörner den Kernen der Epithelialzellen im letztgenannten Kanal homolog, und an eine

unentwickelte Schichtung erinnern die mehrfach über einander gelagerten Kernkörperchen der letzteren (W. Krause, 1875). Auch Stäbchen- und Zapfenkegel entsprechen den Protoplasmafüssen von Neuro- und gewöhnlichen Epithelialzellen. Während aber bei letzteren eine einfache Verzahnung (S. 30. Fig. 13) mit der Grenze der darunter liegenden Häute stattfindet, scheinen bei Neuro-Epithelien und ebenso bei den Epithelialzellen, welche die Hirn-Ventrikel auskleiden und denen der primären Augenblase resp. der epithelialen Schicht der Netzhaut, wie gesagt, homolog sind, die Protoplasmafüsse mit Fasern der bindegewebigen Unterlage (oder theilweise mit Nervenfasern) sich verbinden zu können (S. auch Bindegewebe des Gehirns). Was diesen Zusammenhang für die Retina speciell betrifft, so ist darüber viel discutirt worden. Nach der gewöhnlichen Annahme hängen die betr. Protoplasmafüsse oder Kegel der Stäbchen und Zapfen mit den Kornfasern zusammen, nach einer anderen mit den Zellen der Membrana fenestrata und durch diese mit den Stützfasern (Fig. 92). Beiderlei Beobachtungen widersprechen der sonst möglichen Voraussetzung, dass überhaupt keine anatomische Continuität an dieser Stelle vorhanden sei, sondern nur eine der erwähnten homologe Verzahnung mit der Oberfläche der Zellen der Membrana fenestrata. Nach der ersteren Annahme treten die varicösen Kornfasern zwischen den Zellenausläufern der Membrana fenestrata hindurch und bilden zwischen den Kegeln zunächst einen subepithelialen, in der Retinaifläche ausgebreiteten Plexus. Ein Aufsitzen der Stäbchenkegel auf der Membrana fenestrata ohne weitere Verbindungen der ersteren hat M. Schultze (1866) früher abgebildet. Die wahre *Endigung des N. opticus* (S. auch S. 164 u. 165) bleibt also noch zu entdecken: unsere gesicherte Kenntniss endigt mit den feinsten Protoplasma-Ausläufern der Ganglienzellen in der granulirten Schicht. Dabei steht jedoch der Annahme nichts im Wege, dass Stäbchen- und Zapfenzellen den übrigen Neuro-Epithelien (S. 38) analog und die wesentlichen Aufnahme-Organe für Aetherwellen sind, ohne mit Nervenfasern in Continuität zu stehen.

Die Zahl der Pigmentzellen beträgt etwa 7 Millionen. Die der Zapfen ist ungefähr dieselbe, auf jeden Zapfen kommen im Haupttheil der Retina durchschnittlich 18 Stäbchen; also 130 Mill. im Ganzen. Jeder Zapfen wird im Kreise von 6 anderen Zapfen nebst den zugehörigen Stäbchen umgeben. Die Anzahl der Körner ist bei Säugern geringer, bei Vögeln und Amphibien wegen der beträchtlicheren Dicke resp. geringeren Anzahl ihrer Stäbchen und Zapfen (S. 158) grösser, als die der Stäbchen- und Zapfenkörner. Beim Menschen mögen auf 130 Mill. der letzteren 90 Mill. (innere) Körner vorhanden sein. Die Anzahl der Nadeln der Membrana reticularis ist nicht festzustellen; nach Carter (1872) wären sie nur zwischen Zapfen und angrenzenden Stäbchen vorhanden.

Mögen solche Schätzungen auch noch so unsicher sein, so ist doch die gewöhnliche Vorstellung, dass jedes Stäbchen in physiologischer Hinsicht vermöge eines isolirten Leitungsdrahtes zum Gehirn (Opticusfaser) eine elementare Empfindung errege, nicht länger haltbar. Denn die Zahl der Nervenfasern im Stamm des N. opticus beträgt nicht viel mehr als eine Million (S. 165), und Stäbchen sind mindestens 100 mal mehr vorhanden als Opticusfasern.

Bei Knochenfischen und Vögeln sind die Opticusfasern nach ihrem Eintritt in die Retina noch eine Strecke weit doppeltcontourirt; dasselbe ist beim Kaninchen und Hasen mit zwei stärkeren Opticusbündeln der Fall, die medianwärts und lateralwärts von der Papilla N. optici durch den Hintergrund der Retina verlaufen und schon mit freiem Auge als weissliche Streifen sichtbar sind. Hinter denselben sind alle Retina-Schichten vorhanden.

Membrana limitans, Membrana limitans interna, limitans hyaloidea, Margo limitans, innere Begrenzungshaut. Dieselbe stellt eine 0,001 dicke homogene Haut dar, an welche sich die inneren verbreiterten Enden der radialen Stützfasern inseriren und die Membran zusammensetzen. Letztere ist elastisch gespannt, mit dem Streben, sich nach innen einzurollen, resistent gegen verdünnte Säuren und Alkalien. Von der Fläche gesehen zeigen die Ansätze Begrenzungen von länglich-polygonaler Form, die ein unregelmässiges Mosaik bilden. Zwischen den innersten Theilen jener Radialfasern bleiben Lücken in den Räumen, die von den Opticusbündeln nicht eingenommen und nach aussen von den dort gelegenen Ganglienzellenhaufen begrenzt sind; diese mit Flüssigkeit gefüllten Räume werden hier und da von Leukoblasten durchwandert.

Die öfters trompetenförmigen Ansatzkegel der radialen Stützfasern enthalten zuweilen Kerne (Kölliker, 1867; Schwalbe, 1874). Nach Silber-Behandlung zeigen sich die Ansatzstellen der genannten Radialfasern durch polygonale kernlose, übrigens an Endothelzellen (Fig. 25) erinnernde Grenzlinien markirt, die quergestellte mehr länglich-polygonale Maschen an den Stellen bilden, wo stärkere Blutgefässe verlaufen.

Historisches über die Retina. Leeuwenhoek (1722) entdeckte die Stäbchen des Frosches; Treviranus (1835) unterschied mit Bestimmtheit die Stäbchenschicht, verlegte sie an die Glaskörperseite der Retina, sprach die Stäbchen für Enden der Opticusfasern an. Gottsche sah (1836) die Zapfen, Valentin (1837) die Ganglienzellen; C. Krause (1842, 2. Aufl.) verlegte noch vor Michaelis (1842) die Stäbchenschicht dicht an die Chorioidea, beschrieb die Kerne der Ganglienzellen als Stratum globulosum; Pacini (1845) die Membrana limitans (interna); Henle (1852) entdeckte, dass am gelben Fleck nur Zapfen vorhanden sind. H. Müller (1851—57) führte die bisher gewöhnliche Unterscheidung der Retinaschichten ein, fand die Radialfasern; Bergmann (1857) die Zapfenfaserschicht am gelben Fleck; M. Schultze (1859) unterschied definitiv die Membrana reticularis s. limitans externa; Lehmann (1857) fand Differenzen zwischen Innen- und Aussengliedern; Braun und gleichzeitig W. Krause (1861) — Ersterer das verschiedene Verhalten gegen Karmin beim Kaninchen — Letzterer die Unterschiede beim Menschen unter Einführung der gebräuchlichen Nomenclatur als Innen- und Aussenglieder, sowie den ellipsoidischen Körper in den Zapfen beim Huhn. Henle (1864) beschrieb die Querstreifung der Stäbchenkörner, W. Krause (1868) die der Zapfenkörner; Hannover (1844) den Plättchenzerfall der Aussenglieder; E. H. Weber (1851) und M. Schultze (1866) schrieben den letzteren einen lamellösen Bau zu und W. Krause (1868) erkannte mit Hülfe von Flächenschnitten die Zusammensetzung der Membrana fenestratra aus Zellen.

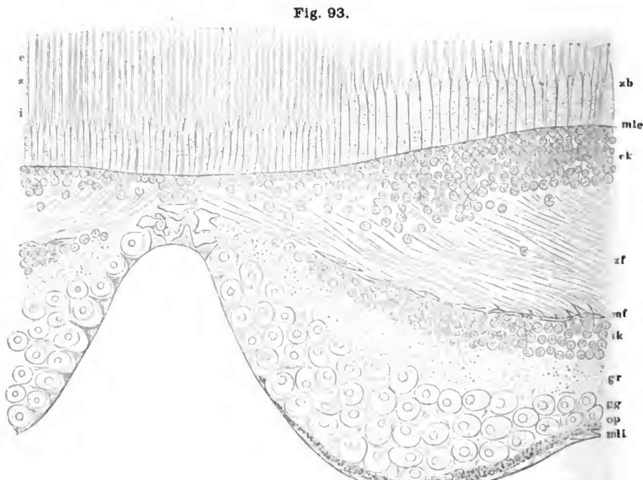
Einige Parthien der Retina bieten mehr oder weniger beträchtliche Modificationen in ihrem Bau dar: es sind die Eintrittsstelle des N. opticus, die Macula lutea und Fovea centralis, die Ora serrata und Pars ciliaris.

An der **Eintrittsstelle des Sehnerven** bilden die Opticusbündel eine beträchtlich dicke Nervenfaserschicht; sie werden von den hier verlängerten radialen Stützfasern durchsetzt. Die Retina beginnt mit einem zugeschärften Rande, so dass die äusseren Schichten ein wenig näher an den Opticus heranreichen als die inneren. Dadurch kommt es, dass

der Verlauf der Zapfen- und Stäbchenfasern an diesem Rande ein etwas schräger wird. Im Uebrigen beginnen alle Einzelschichten plötzlich und ihre Structur ist dieselbe wie im Haupttheil der Retina. Die Ganglienzellenschicht enthält hier nur eine einzige Zellenlage. Die Pigmentschicht setzt sich nach der Peripherie des Opticusstammes hin mitunter noch ein wenig weiter fort, als die eigentliche Retina, und dasselbe gilt ihrerseits von der noch etwas weiter sich erstreckenden Chorioidea.

Die **Macula lutea** verdankt ihre gelbe Farbe einem hellgelben, durch Wasser, Alkohol etc. schliesslich erblassenden Farbestoff, womit die nervöse Retinaschicht bis zur Membrana fenestrata imbibirt ist. Derselbe absorbirt die blau-violetten Strahlen des Farbenspectrum. Nach dem peripherischen Rande der Macula hin wird der Farbstoff allmälig blasser. Die Pigmentschicht differirt vermöge etwas geringerer Flächen-Ausdehnung ihrer Zellen, die durch längere Fortsätze fester zwischen die Aussenglieder eingezahnt sind. Die auffallendste Eigenthümlichkeit ist das Fehlen der Stäbchenzellen: es sind nur Zapfenzellen am gelben Fleck vorhanden und ihre Zapfen sind dünner, länger, schlanker als die übrigen Zapfen, was für ihre Aussen- wie für die Innenglieder gilt. Sie stehen an der Umgebung der Fovea centralis in regelmässigen Bogenlinien geordnet, so dass eine chagrinartige Zeichnung wie an der Rückseite von Taschenuhren auf der Flächenansicht

Fig. 93.



Senkrechter Durchschnitt genau durch das Centrum der Fovea centralis, überlebend, H. Müller'sche Flüssigkeit, gefroren. V. 1000/400. *e* Zapfen-Aussenglied, *i* Uebergang in das Innenglied desselben. *z* Schlanke Zapfen der Fovea centralis. *zb* Breitere Zapfen der Macula lutea; der correspondirende Theil der Macula ist auf der entgegengesetzten Hälfte der Figur weggelassen. Neben dem letzten Zapfen stehen zwei Stäbchen. *mle* Membrana reticularis s. limitans externa. *ek* Zapfenkörner oder äussere Körner. *zf* Zapfenfasern. *mf* Membrana fenestrata mit den Ansätzen der Zapfenkegel. *ik* (innere) Körner. *gr* granulirte Schicht. *gg* Ganglienzellenschicht. *op* Nervenfasern des Opticus. *mli* Membrana limitans (interna) mit den dreieckigen Ansätzen der Radialfasern an dieselbe. Im Centrum der Fovea werden die inneren Retinaschichten durch hyaline sternförmige Zellen und Radialfasern ersetzt; ausser diesen sind hier nur die Zapfen- und Zapfenfaserschicht vorhanden.

herauskommt. Die Zapfenfasern durchsetzen in schräger Richtung centralwärts verlaufend die aus mehrfachen Lagen bestehende, nur von Zapfenkörnern gebildete Zapfenkörnerschicht. Letztere wird von der Membrana fenestrata durch die sehr schräg in meridionaler Richtung verlaufenden inneren Parthien dieser Zapfenfasern (Fig. 93 zf) getrennt, welche

eine zusammenhängende **Zapfenfaserschicht**, äussere Faserschicht, bilden, die in horizontaler Richtung etwa 4, in verticaler 3 Mm. Durchmesser hat. Die Kornfasern verlaufen etwas schräg; die Ganglienzellen sind sehr zahlreich, in der Nachbarschaft der Fovea in 6—8facher Lage geschichtet; nach dem Rande der letzteren hin nimmt die Zahl solcher Schichten allmälig ab. Scheinbar sind alle diese Zellen bipolar, indem der Axencylinderfortsatz meridional und nach vorn, ein dicker stark in die Länge gewachsener Protoplasma-Fortsatz in meridionaler Richtung nach hinten d. h. gegen die Fovea centralis hin verläuft. Diese eigenthümliche Anordnung erklärt sich aus dem Umstande, dass die Opticusfaserbündel in bogenförmigem Verlauf den oberen und unteren Rand der Macula lutea umkreisen und von oben, von unten sowie von medianwärts her Nervenfaserzüge in die Peripherie der letzteren eintreten. Diese zwischen der Eintrittsstelle des N. opticus und der Macula lutea gelegene Parthie der Opticusfaserschicht ist weit dünner als letztere selbst im übrigen Haupttheil der Retina. Am lateralen Rande der Macula setzen sich die Nervenbündel wiederum zusammentretend, jedoch eine Strecke weit noch durch einen spaltförmigen Zwischenraum getrennt, in lateraler resp. meridionaler Richtung fort. (S. auch S. 165).

In der **Fovea centralis** fehlen die Nervenfasern, Ganglienzellen und Körner gänzlich. Die Retina ist in Folge davon sehr verdünnt (Fig. 93), doch erscheint die Grube an den Rändern der Fovea selbstverständlich weiter, flacher, nicht mit so steilen Rändern abfallend wie in der Figur. (Letztere stellt abweichend von den gewöhnlich verbreiteten Abbildungen einen Durchschnitt durch das wirkliche Centrum der Fovea dar). Die Zapfen sind noch feiner und schlanker als die der Macula; ihre Länge beträgt im Centrum der Fovea 0,076, wovon auf das Innenglied 0,023 kommen. (Beträchtlichere diesen Zapfen zugeschriebene Längen-Dimensionen beruhen auf Hinzurechnen der Dicke der Pigmentzellen). Letzteres ist 0,003, das Aussenglied 0,0007—8 dick mit einer schlanken Spitze von nur 0,0006. In Folge der beträchtlichen aber allmäligen Längenzunahme der Zapfen ist die Membrana reticularis etwas nach innen ausgebuchtet. Die hier wie in der Macula lutea ausschliesslich vorhandenen Zapfenkörner reduciren sich auf ganz wenige Lagen, die Zapfenfasern schlagen von ersteren ab einen meridionalen, fast in der Retinalfläche gelegenen Verlauf ein, so dass sie in der Flächenansicht vom Centrum der Fovea nach allen Richtungen hin ausstrahlen. Die Zellen der Membrana fenestrata sind deutlich zu erkennen, den Raum zwischen ihnen und der Membrana limitans nimmt eine undeutlich körnige Masse, die Fortsetzung der granulirten Schicht ein; erstere hängen mit kurzen radialen Stützfasern zusammen, die sich dreieckig an die Membrana limitans inseriren (Fig. 93).

Am Rande der Macula lutea treten Stäbchen zwischen den dicker werdenden Zapfen auf; anfangs nur ein Stäbchen zwischen je zwei Zapfen, dann zwei und zuletzt drei wie im ganzen Haupttheil der Retina bis zu den **Ora serrata.** Nach den letzteren hin werden die Pigmentzellen weniger dunkel, die Stäbchen und Zapfen werden zugleich kürzer; alle Schichten der Retina besonders die Ganglienzellen- und Opticusfaserschicht allmälig dünner; zuletzt sind von der Opticusfaserschicht nur einzelne Fasern noch vorhanden, die Ganglienzellen sind sparsam, erscheinen durch Zwischenräume getrennt in einer einzigen Lage; auch die Dicke der granulirten und Körnerschicht hat abgenommen. In Folge dieser Veränderungen vermindert sich die Dicke der ganzen Retina auf etwa die Hälfte; nur die radialen Stützfasern sind stark entwickelt, sie verlaufen im vordersten Theil der Ora serrata mitunter etwas schräg, setzen sich mit mehreren Verbreiterungen an die Membrana limitans und sind mit stärkeren Zacken seitlich besetzt. Am vordersten Rande der Ora serrata endigt der Haupttheil der Retina plötzlich mit einem auf dem Querdurchschnitt abgerundeten Rande. Die Stäbchen alterniren in einer schmalen Zone mit den auf ihrem Querschnitt elliptischen Zapfen in regelmässiger Weise, sind also sparsam geworden; die Aussenglieder verlieren ihr Lichtbrechungsvermögen und scheinen zu fehlen; die Zwischensubstanz zwischen Stäbchen und Zapfen ist in beträchtlicherer Menge vorhanden. Dabei nehmen die Protoplasma-Ausläufer der Pigmentzellen an Masse zu, so dass Stäbchen und Zapfen sich weiter von einander entfernen; die granulirte Schicht endigt abgerundet wie der übrige Haupttheil und zugleich beginnt die **Pars ciliaris retinae.** An derselben ist aber die Pigmentschicht unverändert geblieben, ebenso die Membrana limitans, welche die Corona ciliaris überzieht und sich auch bis auf die Höhe der Ciliarfortsätze erstreckt. Zwischen dieser Membran und der Pigmentschicht befindet sich eine einfache Lage radiär gestellter cylindrischer, etwas unregelmässiger Zellen, welche die radialen Stützfasern repräsentiren, und an den Ora serrata allmälig sich aus letzteren hervorbilden. Sie sind dicht aneinander gefügt, durch Zacken verzahnt und mit radiär gestellten länglichovalen abgeplatteten Kernen versehen.

An den Ora serrata finden sich bei älteren Individuen sehr häufig grössere ovale radiär gestellte, mit Lymphe erfüllte Hohlräume in der Retina. Sie entstehen durch Auseinanderweichen der Zapfen- und Stäbchenfasern in der Stäbchen- und Zapfenkörnerschicht; dieselben werden in Bündel, Arcaden, zusammengedrängt, welche säulenartig die Schichten der Retina unterstützen. Sie kommen auch in der Körnerschicht vor, woselbst die Radialfasern an Stelle der Stäbchen- und Zapfenfasern sich zusammendrängen; letztere Bündel können Blut-

gefässe führen (Henle 1866). — H. Schmidt (1874) hält die gelbe Farbe der Macula lutea für eine Leichenerscheinung: in Wahrheit sei sie dunkel braunroth. Dies dürfte jedoch auf einer Verwechslung mit dem durchschimmernden Schwarz der Pigmentschicht beruhen. — Den Wirbelthieren fehlt mit Ausnahme der Affen der alten Welt die (bei den letzteren ebenfalls gelbe) Macula lutea, jedoch besitzen Säugethiere, Reptilien und Knochenfische (Gulliver, 1868, bei Pagellus; W. Müller, 1875, bei Trigla) eine der menschlichen Fovea entsprechende *Fovea centralis* s. Area centralis, die auch bei den Säugethieren gefässlos ist. Die Vögel haben zwei Foveae: in jedem Auge eine F. centralis für das monoculare, eine Fovea lateralis für das binoculare Sehen. Da auch beim Frosch eine kleine Area centralis im Hintergrunde des Auges aufgefunden ist (W. Krause, 1875), die nur Zapfen und Doppelzapfen besitzt, wobei die daselbst mehr rundlichen Zapfenkörner in 3—4 facher Lage über einander sich schichten, so ist nicht zu bezweifeln, dass (vielleicht mit Ausnahme der Cyclostomen) allen Wirbelthieren eine Fovea centralis zukommt (W. Krause). Das Chamäleon zeigt ebenfalls eine Fovea centralis, umgeben von einem lichteren Ringe; im ganzen Augenhintergrunde dieses Thieres verhält sich die Zapfenfaserschicht wie in der Macula lutea des Menschen, wird aber von radiär verlaufenden mit den Zapfenkörnern zusammenhängenden Zapfenfasern durchsetzt, indem einige der letzteren eine radiäre — nicht meridionale, wie es die meisten derselben thun — Richtung einschlagen. Beim Menschen dagegen ist in der Zapfenfaserschicht des gelben Fleckes weder auf meridionalen noch äquatorialen Schnitten eine Spur von radialen Fasern: Stützfasern oder Zapfenfasern aufzufinden; auf letzteren Schnitten erscheint die Schicht als granulirte Masse, punktirt durch die elliptischen Querschnitte der Zapfenfasern.

Die **Blutgefässe der Retina** stammen aus der A. und V. centralis retinae. Beide erstrecken sich in der Axe des N. opticus, von lockerem Bindegewebe umhüllt; sie haben diese Adventitia gewöhnlich gemeinschaftlich. Unter dichotomischen Theilungen verlaufen die Hauptäste der genannten Gefässe (S. Bd. II) in der Retina so, dass sie lateralwärts die Macula lutea, den Opticusbündeln folgend, umkreisen. Sie lösen sich in ein weitmaschiges Capillargefässnetz auf, welches in der Opticusfaserschicht und Ganglienzellenschicht rhomboidale in der Retinalfläche gelegene Maschen bildet. Von demselben treten bogenförmige anastomosirende Maschennetze radiär gerichtet durch die granulirte, sowie in die Körnerschicht und biegen an der Membrana fenestrata um; letztere und die nach aussen von derselben gelegene epitheliale Retinaschicht sind vollkommen gefässlos. Ebenso die Fovea centralis, indem sowohl die bogenförmigen grösseren Gefässe als die direct lateralwärts vom Sehnerven-Eintritt zur Macula gehenden Blutgefässe mit capillaren Umbiegungsschlingen endigen, deren Scheitel gegen den Rand der Fovea centralis gerichtet sind.

Die Arterien unter 0,05 Durchmesser und sämmtliche Venen besitzen keine Muskelfasern. Venen und Capillaren bestehen aus einer von Endothelien gebildeten Intima und einer bei den Venen stärker entwickelten Adventitia, die verästelte platte Bindegewebszellen führt.

Die Nerven der A. centralis retinae stammen vom Ganglion ciliare, gelangen mit der A. centralis retinae in den Stamm des N. opticus und bis zur Retina, indem sie als feiner aus blassen kernführenden Nervenfasern bestehender Plexus die Arterie und ihre Aeste umspinnen.

Den Vögeln, Amphibien und Fischen fehlen die Retinalgefässe vollständig; nur der Aal besitzt solche, die sich bis zur Membrana fenestrata verbreiten (W. Krause, 1868). Aehnlich verhalten sich einige Chelonier (W. Müller, 1875). — Kaninchen und Hase haben ausschliesslich längs der doppeltcontourirten Opticusbündel Retinalgefässe; beim Pferde ist nur ein schmaler Gefässkranz rings um die Papille N. optici vorhanden. — Chaussier und Ribes (1868) fanden ein feines zur A. centralis verlaufendes Nervchen, das von Kusel und Hirzel (1824); Tiedemann (1825); Langenbeck (1830); C. Krause (1838); Longet (1842) bestätigt wurde, während erst W. Krause (1875) den erwähnten microscopischen Plexus beschrieb. Dessen Zweige haben nahe der Papilla N. optici nur 0,2 Dicke; während sie an gehärteten Präparaten nicht gefunden werden (Henle, 1873; Schwalbe, 1874), erscheinen sie nach Essig-Maceration in jedem Schnitte.

Die **Lymphgefässe** der Retina umgeben als perivasculäre Bahnen die Venen und Capillaren: zwischen der Adventitia und der dünnen aus Endothelien zusammengesetzten Intima beider bleiben Lymphräume (S. auch Gehirn, Lymphgefässe). Ausserdem folgen Lymphspalten den Opticusbündeln einige Mm. weit von ihrer Eintrittsstelle; die Bündel sind von Endothelien überkleidet. Der helle Raum (S. 155. Fig. 89) zwischen den Ansatzkegeln der Radialfasern an die Membrana limitans wird ebenfalls von Einigen als mit Lymphe gefüllt und von Lymphkörperchen durchwandert angesehen. Ueber die Communicationen der retinalen mit den hinteren Lymphbahnen des Auges s. letztere (S. 174).

Glaskörper.

Der Glaskörper, Corpus vitreum, ist nur scheinbar structurlos. Hinter der Linse liegt ein festerer Kern von im Ganzen dichterer Beschaffenheit, ungefähr vom Durchmesser der Linse und von concav-convexer Form; die Concavität formt sich nach der hinteren Fläche der Linse. Der hintere Theil ist aus concentrischen Schalen zusammengesetzt wie die Schichten einer Zwiebel, die Begrenzungen werden aber nicht von Membranen gebildet, sondern nur durch sehr feine und durchsichtige Fasern angedeutet, welche den Werth von Bindegewebsfibrillen haben. In dem festeren vorn gelegenen Kerne sind sie etwas zahlreicher und unregelmässig durch einander gewirrt. Stärkere Fäden

durchziehen den Glaskörper in der Richtung der Augenaxe: sie beginnen an der Eintrittsstelle des Sehnerven, also etwas meridianwärts von der letzteren, wo einzelne Kerne an ihnen vorkommen, und bilden einen durch diese einzelnen Fäden unvollständig begrenzten, mit Glaskörperflüssigkeit gefüllten, in derselben Richtung nach dem Vorderende des Glaskörpers verlaufenden *Canalis hyaloideus* s. Cloquetii. Die äussere Begrenzung des Corpus vitreum wird von einer der Membrana limitans (interna) retinae anliegenden, 0,0005 dicken *Membrana hyaloidea* gebildet, welche keine continuirliche Glashaut darstellt, sondern aus einzelnen Fäden, wie sie die beschriebenen Schichten des Glaskörpers begrenzen, zusammengesetzt ist. Auf der Flächenansicht unsichtbar wird die Hyaloidea nur an Faltungsstellen bemerkbar, die sich wie körnige Fäden ausnehmen. Nach Anwendung Eiweiss-coagulirender Mittel: Chromsäure, Osmiumsäure, doppeltchromsaures Kali, salpetersaures Silberoxyd, Alkohol etc. tritt sie deutlicher hervor, überzogen von dem körnigen Niederschlage, welchen diese Reagentien an jeder ihrer Einwirkung ausgesetzten Stelle des Glaskörpers hervorrufen. — An der Innenfläche der Hyaloidea und auch an der Aussenfläche zwischen ihr und der Membrana limitans befinden sich wandernde Leukoblasten, die oft zahlreich sind, amöboide Bewegungen zeigen, dabei spindelförmige, auch abgeplattete und sogar durch gegenseitigen Druck polygonale Formen annehmen können. Sie vermögen Eiweisstropfen der Glaskörperflüssigkeit in ihren Zellenkörper aufzunehmen. — Am vorderen Ende des Glaskörpers zwischen Corpus ciliare und äusserem Rande der hinteren Oberfläche der Linsenkapsel verdickt sich die Hyaloidea, enthält deutlichere Fasern, die sich an die Hinterfläche der Linsenkapsel inseriren, so die hintere Wandung des Canalis Petiti und die dünnere vordere Begrenzung der Fossa hyaloidea bildend.

Der Glaskörper hat entwicklungsgeschichtlich die Bedeutung aufgequollenen gallertartigen Bindegewebes, (S. 48), woraus sich seine auffallenden Structurverhältnisse leicht verstehen lassen. Eine Spaltung des vorderen Endes der Membrana hyaloidea in ein die Zonula ciliaris und ein die Fossa hyaloidea überkleidendes Blatt kann nach dem (S. 172, Zonula cil.) Gesagten nicht mehr angenommen werden, obgleich der macroscopische Befund dafür zu sprechen schien. — Die Fäden in der Axe des Corpus vitreum sind Reste einer beim Fötus in derselben Direction verlaufenden A. hyaloidea (S. 153). Eine Einsenkung des Glaskörpers an der Eintrittsstelle der A. hyaloidea: sog. Area Marteglana existirt nicht. — Nach Einigen sollen auch im Innern des Glaskörpers amöboide Leukoblasten in Gestalt verzerrter Zellen vorkommen, die als Ursache von Mouches volantes angesprochen werden.

Linse.

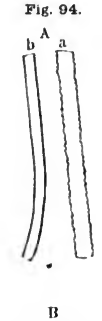
Die Linse, Lens crystallina, wird von der *Linsenkapsel* umgeben: einer durchsichtigen, ziemlich stark lichtbrechenden, auf der Flächenansicht structurlosen Membran, die mit Jod-Jodkalium-Lösung oder Hämatoxylin gefärbt eine feine parallele Streifung in der Profilansicht erkennen lässt, also concentrisch geschichtet ist. Die vordere Hälfte der Kapsel bis zum Aequator trägt auf ihrer Innenfläche eine Mosaik-ähnliche einfache Lage von fünf- bis sechseckigen polygonalen abgeplatteten Epithelien mit glashellem Protoplasma und platten rundlichen durchsichtigen Kernen.

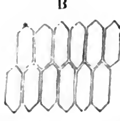
Nach Hosch (1874) haben diese Epithelialzellen an ihren Rändern vielfache Ausläufer, Digitationen oder Zacken. Ewart (1874) beschrieb beim Rinde eine endotheliale Bekleidung auf der hinteren Aussenfläche der Linsenkapsel, wobei Verwechslung mit den abgestumpften Ansatzstellen der Linsenfasern zu Grunde gelegen haben dürfte. — Da jeder optische Querschnitt die beschriebene Streifung der Linsenkapsel erkennen lässt, so kann dieselbe unmöglich Ausdruck einer fasrigen Beschaffenheit sein. Nach Kölliker (1854) handelt es sich wahrscheinlich um eine Schichtung, die mit dem Umstande zusammenhängt, dass die Linsenkapsel als Cuticularbildung von den im embryonalen Zustande die Linse bildenden und den Epidermiszellen der äusseren Haut homologen (S. 152) Zellen, den späteren Linsenfasern, geliefert wird. J. Arnold (1874) leitet dagegen die Linsenkapsel aus einer Differenzirung des die Linse umhüllenden Bindegewebes vom mittleren Keimblatt ab, während die Linse selbst dem oberen Keimblatt angehört.

Die Linse selbst besteht ausschliesslich aus *Linsenfasern:* -abgeplattet sechsseitigen wasserklaren Prismen (Fig. 94), die im Kern der Linse dünner, aber fast ebenso breit sind, wie die Fasern der Peripherie. Die spitzen zwischen je zwei der Nachbarreihe eingreifenden Enden des Querschnittes erscheinen bei

den in reiner Flächenansicht sich präsentirenden Fasern (Fig. 94, *a*) als leicht gezackte rauhe, zuweilen wie gezähnelte Seitenränder derselben. Sie sind weich, biegsam, unelastisch, bestehen aus fester Eiweisssubstanz; durch 10%ige Chlorwasserstoffsäure sind sie leicht isolirbar, mit Silber markiren sich ihre Begrenzungen bräunlich. Die einander parallelen und niemals sich überkreuzenden Linsenfasern bilden in bogenförmigem Verlauf zunächst concentrisch geschichtete Blätter, und zwar beginnt jede Faser an einem Haupt- oder Nebenstrahl des Linsensterns, läuft bogenförmig von der Mitte der Vorderfläche resp. Hinterfläche zum Aequator der Linse, hat in dieser Gegend (Kernzone) einen ovalen abgeplatteten Kern, welcher die Linsenfaser als Zelle charakterisirt, gelangt auf die entgegengesetzte Fläche der Linse und endigt an einem Haupt- oder Nebenstrahl, wobei keine Faser von Pol zu Pol reicht, sondern die am nächsten den letzteren entspringenden näher am Linsenäquator aufhören. In ihrem ganzen Verlauf sind die grössten Ebenen der Linsenfasern der Linsenoberfläche parallel und concentrisch angeordnet. Die Enden der Fasern sind kolbig abgerundet, zuweilen verschmälert; sie stossen an den Linsenstrahlen unmittelbar in einer scharfen, unregelmässig wellenförmigen Linie an einander. In nicht ganz frischen Linsen bilden sich den Strahlen der Linsensterne entsprechende Zwischenräume, die von einer structurlosen hellen Eiweisssubstanz ausgefüllt werden.

Fig. 94.





Linsenfasern. *A* Aus dem peripherischen Theile der Linse nach Maceration in 10%iger Chlorwasserstoffsäure isolirt. V. 500/250. *b* von der Seitenkante. V. 500/350. *B* Querschnitt von zwei Faserreihen näher dem Linsenkerne; Alkohol. V. 500/1000.

Im Kern der Linse ist der Faserverlauf ein weniger stark gebogener, übrigens in gleichem Sinne von Pol zu Pol, die Fasern sind brüchiger und resistenter gegen Säuren oder Alkalien, dünner und zeigen keine Kerne. — Am Aequator halten die äussersten von vorn kommenden Fasern, die sich unmittelbar an das Epithel der vorderen Kapselhälfte anschliessen, einen bogenförmigen, mit leichter Convexität nach dem Linsenkern gekrümmten Verlauf ein: der Raum zwischen diesem Bogen und der Kapsel am Aequator wird von kürzeren Fasern ausgefüllt, die wie verlängerte Cylinder-Epithelialzellen sich ausnehmen und deren Kerne nahe ihrem äusseren Ende sitzen.

Zonula ciliaris.

Die Zonula ciliaris (S. 147. Fig. 84, *z*) besteht aus feinen blassen, mehr geradlinig verlaufenden, dem Bindegewebe zugerechneten, jedoch gegen Säuren und Alkalien sich wie elastisches Gewebe verhaltenden Fasern, den *Zonula-Fasern*. Sie stellen zum Theil Fortsetzungen der Hyaloidea-Fasern dar; die Zonula wird aber bedeutend verstärkt und wesentlich gebildet durch solche, die von den Wölbungen der Processus ciliares, sowie aus den Furchen zwischen denselben entspringen, schräg vorwärts und centralwärts verlaufen und sich an die Vorderfläche der Linsenkapsel nahe ihrem Aequator, sowie an dem letzteren selbst inseriren. Mit der Membrana limitans der Retina sind die äusseren Fasern fest verwachsen, ohne von derselben zu entspringen. Zu Bündeln angeordnete, scheinbar einzelne homogene dickere Fasern darstel-

lende Fasergruppen theilen sich häufig und verbinden sich mit einander. Auch gelangen einige Fasern, nach innen pinselförmig ausstrahlend, in den Glaskörper, andere überbrücken in äquatorialer Richtung die Spitzen oder Höhen benachbarter Processus ciliares an deren hinteren Flächen. Durch einige Reagentien: Säuren etc. bekommen die Zonulafasern wellige Knickungen, die ihnen ein quergestreiftes Ansehen geben.

Blutgefässe des Auges. Ueber dieselben im Ganzen s. Bd. II.

Lymphgefässe des Auges.

Canalis Petiti. Der Petit'sche Kanal (Fig. 84, *P*) ist ein ringförmiger, dreiseitig-prismatischer Hohlraum am Aequator der Linse: seine vordere Wand wird von der Zonula ciliaris, seine hintere von der Membrana hyaloidea des Glaskörpers, seine innere oder die Basis von der Linsenkapsel am Aequator der Linse gebildet. Derselbe stellt im Leben eine enge mit Flüssigkeit gefüllte Spalte dar; die Flüssigkeit dringt zwischen die Fasern der Hinterfläche der Zonula und communicirt durch feinste Spalten zwischen denselben mit der hinteren Augenkammer. Wie die beiden Augenkammern ist auch der Petit'sche Kanal und der Canalis hyaloideus als Lymphraum aufzufassen; der Abfluss aus dem erstgenannten findet zwischen Membrana hyaloidea und Membrana limitans retinae statt und die daselbst sich bewegenden Lymphkörperchen (S. 167) werden zwischen den Hyaloideafasern der hinteren Wand des Kanals häufig angetroffen. Der weitere Abfluss der Lymphe aus allen diesen Räumen, sowie aus der Retina, wird durch Communicationen derselben ermöglicht, die in der Lamina cribrosa sclerae zwischen den Spalten der Opticusbündel mit dem Subvaginalraum (S. unten) existiren.

Die Lymphgefässe der Cornea stehen vermöge der perineuralen Bahnen, welche bereits (S. 145) erwähnt wurden, mit denen der Conjunctiva bulbi in Verbindung. Ausser den im Vorstehenden beschriebenen besitzt das Auge noch verschieden gestaltete Räume oder Spalten: den Perichorioidealraum, den Subvaginal- und Supravaginal-Raum des N. opticus und den Tenon'schen Raum (Bd. II), die ein unter sich communicirendes mit Lymphe gefülltes System darstellen, das in seiner Gesammtheit als die **hinteren Lymphbahnen** des Auges bezeichnet wird.

Zwischen den bandartigen Faserbündeln, welche die Sclera zusammensetzen, bleiben injicirbare anastomosirende Spalten, die auf dem Längsschnitt der Bündel spindelförmige, auf dem Querschnitt sternförmige Figuren bilden. Mit diesen microscopischen Spalten, die namentlich an der Eintrittsstelle des N. opticus in die Sclera zahlreich vorhanden sind und auch in die Lamina cribrosa sich fortsetzen, communicirt der *Subvaginalraum* oder intervaginale Raum des N. opticus. Sein vorderes Ende, an welchem diese Communicationen stattfinden, reicht bis nahe an die Chorioidea, indem die innere Sehnervenscheide hier in die innersten Bindegewebs-Lagen der Sclera übergeht und mit der Chorioidea zusammenhängt, während die äusseren Bindegewebs-Lagen der äusseren Scheide in die Hauptmasse resp. äusseren Lagen der Sclera sich fortsetzen. Ist der Subvaginalraum gefüllt, so zeigt sein vorderer, das vordere Ende des N. opticus umgebender Theil eine Ampullen-ähnliche, etwa 5 Mm. von vorn nach hinten messende Erweiterung. Er steht mit dem *supravaginalen Raum* durch spaltförmige Lücken in der Vagina externa und durch die Spalten der Sclera mit dem Perichorioidealraum in Communication. Letzterer aber communicirt durch perivasculäre, die Vv. vorticosae umgebende Räume seinerseits mit dem Tenon'schen Raum, der nach hinten in den supravaginalen Raum continuirlich übergeht.

Vermittelst der Communication des subvaginalen Raumes mit dem subduralen, zwischen Dura und Arachnoidea cerebri gelegenen Raum, die am Foramen opticum stattfindet, hat jenes System Zusammenhang mit der Flüssigkeit des subduralen Raumes; wogegen der Raum zwischen N. opticus und dessen Vagina interna mit dem Subarachnoidealraum communicirt. Letzteres ist auch mit einem System von Lymphspalten der Fall, welches den N. opticus innerhalb seiner inneren Scheide umgibt und zwischen dessen Bündel eindringt. (Von Waldeyer, 1874, wurde dieses durch Key und Retzius, 1872, beschriebene System als perineuraler Lymphraum bezeichnet.) Die Bindegewebsbündel des Tenon'schen und supravaginalen, sowie des subvaginalen Raumes führen zahlreiche elastische Fasern und an ihrer Peripherie platte polygonale endothelartige Inoblasten, die jedoch keine continuirliche Lage bilden. Die Arteriae ciliares werden von einer festen Adventitia umgeben, die Venen und Capillargefässe, ebenso die Nn. ciliares in den erstgenannten Hohlräumen führen Endothel an ihrer Aussenfläche. Ebensolches sitzt als continuirliche Lage auf der Aussenfläche der Vagina N. optici externa und des hinteren Theiles der Aussenfläche der Sclera; ferner auf der Innenfläche der Vagina externa. Mit Rücksicht auf die Auskleidung des Perichorioidealraumes (S. 141) und subvaginalen Raumes werden die genannten Räume sämmtlich als Lymphbahnen aufgefasst, obgleich ihr Endothel keineswegs an allen Stellen ein continuirliches ist.

Der Abfluss der Lymphe aus dem Bulbus, abgesehen von der Cornea, sowie seiner Umgebung, findet also wesentlich durch den subvaginalen und supravaginalen Raum statt. Mit ersterem communiciren an der Lamina cribrosa sclerae einerseits die Lymphräume der Augenkammern, Canales Petiti und hyaloideus, die Spalte zwischen den Membranae hyaloidea und limitans retinae sowie die Lymphbahnen der Retina selbst, die sich zwischen den Nervenbündeln der Papilla N. optici fortsetzen; und andererseits die Lymphspalten der Sclera nebst dem Perichorioidealraum. Der supravaginale Raum nimmt Lymphe des Perichorioideal- und Tenon'schen Raumes auf.

Die lockeren Bindegewebsmaschen des subvaginalen Raumes zwischen äusserer und innerer Sehnervenscheide füllen sich bei Einspritzung von Berlinerblau (Schwalbe, 1869) oder Zinnober (Quincke, 1872) in den Subarachnoidealraum des Gehirns, und zwar bis zum Bulbus hin. Danach ist ersterer als eine von Lymphräumen durchzogene Fortsetzung des Subarachnoidealraumes aufzufassen. — Bei Säugethieren reicht der subvaginale Raum nur bis zur hinteren Begrenzung der Sclera. — Dass der supravaginale Raum mit dem Subduralraum des Gehirns communicirt, erklärt sich, da der erstere an seinem hinteren Ende zwischen den sich trennenden beiden Blättern der Dura mater (s. unten) beginnt. — Die Lymphspalten des Bulbus wurden hauptsächlich durch Schwalbe (1868) ermittelt. Letzterer und Waldeyer (1874) halten auch den Circulus venosus (S. 146) am Cornealrande für ein in eine Vene mündendes Lymphgefäss. F. Arnold (1851) hatte darin rothe Blutkörperchen gefunden.

Augenhöhle.

Scheiden des N. opticus. Die Beschaffenheit der Tenon'schen Fascie wurde bereits (S. 173) erwähnt. — An dem N. opticus sind microscopisch drei Scheiden zu erkennen. Die *äussere Scheide*, Vagina externa s. Tunica N. optici s. fibrosa, Duralscheide, äusseres Neurilem, ist eine Fortsetzung des inneren Blattes der Dura mater des Gehirns (S. Nervensystem), während deren äusseres Blatt in das Periost der Augenhöhle übergeht. Die *mittlere Scheide*, Arachnoidealscheide, erscheint dem freien Auge als lockeres, zwischen äusserer und mittlerer Scheide ausgebreitetes Bindegewebe; sie hängt aber zum Unterschiede von der Arachnoidea cerebri mit der äusseren Scheide vielfach zusammen. Die *innere Scheide*, Vagina interna, Pialscheide, Neurilem des N. opticus, inneres Neurilem, ist eine Fortsetzung der Pia mater; sie sendet (dem Perineurium der Bündel peripherischer Nervenstämme homologe) Fortsetzungen in den Stamm des N. opticus hinein. Alle diese Anordnungen erklären sich aus dem Umstande, dass der Sehnerv (und die primäre Augenblase, S. 152) ursprünglich ein Theil des Gehirns ist. Auswendig wird die äussere Scheide vom supravaginalen (S. 173) Lymphraum umgeben, der seinerseits eine Fortsetzung des Tenon'schen Raumes darstellt. Zwischen äusserer und mittlerer Scheide bleibt ein microscopischer (bei Säugethieren stärker entwickelter) subduraler Lymphraum; zwischen äusserer Umgrenzung der mittleren Scheide und der inneren Scheide existirt ein subarachnoidealer (intervaginaler, subvaginaler) Lymphraum, dessen Natur aus den oben citirten Einspritzungsversuchen erhellt; zwischen Sehnerv und innerer Scheide lassen sich ebenfalls Lymphspalten injiciren (perineuraler Lymphraum (S. 173), der dem sog. Epicerebralraum homolog sein würde). Die erwähnten Lymphbahnen als solche wurden (S. 173) geschildert.

Die äussere Scheide des N. opticus wird an ihrer Innenfläche von einem aus polygonalen Zellen zusammengesetzten Endothel-Ueberzug bekleidet. Die Scheide besteht microscopisch ihrerseits aus zwei Schichten: ihre *innere Schicht* aus concentrisch angeordneten ringförmigen Bindegewebsbündeln, die von hinten nach vorn an Dicke und Zahl abnehmen. Sie hört 6—7 Mm. hinter dem Vorderende des N. opticus ganz auf. Die *äussere*, fest mit der inneren vereinigte Schicht führt sagittale platte Bindegewebsbündel, welche vom vorderen Ende der inneren Schicht an nach vorn zwei sich successive in mehrere (z. B. vier) spaltende Blätter bilden, und zahlreiche elastische Fasern.

Die mittlere Scheide wird von sich durchkreuzenden, mit platten Inoblasten besetzten, doch nicht von einer continuirlichen Endothelscheide bedeckten Bindegewebsbündeln gebildet. Durch deren sog. umspinnende Fasern (S. 51), die nach Behandlung mit Säuren auftreten, schliesst sie sich in ihrem Bau demjenigen des subarachnoidealen Bindegewebes des Gehirns an. Nur gegen die äussere Scheide hin nehmen die Inoblasten mehr den Character eines continuirlichen Endothels an.

Die innere Scheide zeigt microscopisch ebenfalls zwei Schichten. Ihre *äussere* Schicht besteht aus circulären Fasern, die *innere* (sog. eigentliches Neurilem) aus feinen längslaufenden Bindegewebsfibrillen; nur die letztere sendet Fortsetzungen zwischen die Bündel des Sehnervenstammes.

Am *Uebergang der Sehnervenscheiden in die Sclera* treten die Faserbündel der äusseren Schicht der Vagina externa direct in die Sclera über, wobei sie sich durchflechtend theilweise äquatorialen Verlauf annehmen. Der subarachnoideale Raum setzt sich durch die beiden äusseren Drittheile der Sclera (deren Dicke nach) fort und endigt zugeschärft, indem derselbe wie eine runde, leicht concave Scheibe den Sehnerven-Eintritt ringförmig umgibt. Hieraus schon ergibt sich, dass nur die innere Scheide den Sehnerven bis zur Lamina cribrosa (S. 175) begleitet: die circulären Fasern ihrer äusseren Lage biegen in meridional verlaufende der inneren Scleralschichten um, woran einzelne Bündel ihrer

inneren Schicht theilnehmen: die Hauptmasse der Lamina cribrosa wird von letzterer geliefert. Einzelne Bindegewebsbündel der inneren Lage treten auch zur Chorioidea.

Die Blutgefässe der äusseren Sehnervenscheide zeichnen sich durch Weite ihrer Capillaren aus; ihre *Nerven* sind vom Ganglion ciliare abstammende Gefässnervenplexus, wie die der Sclera, die viele doppeltcontourirte Fasern führen. Die mittlere Scheide ist gefässlos; die innere erhält, wie die äussere, ihr Blut aus eintretenden Aestchen der Aa. ciliares (Bd. II), und bilden dieselben längsgerichtete polygonale Capillarmaschen in der inneren Scheide, die mit den Capillaren im Innern des N. opticus (S. unten) anastomosiren. Längs der A. und V. centralis retinae zieht sich ein von der inneren Scheide (Pialscheide) gelieferter Bindegewebsstrang durch die Axe des Sehnerven: die genannten Gefässe liegen in einer, wie die Entwicklungsgeschichte (S. 153) lehrt, nach unten schauenden Einstülpung oder Längsspalte des N. opticus und werden noch von einer kleinen, 0,06—7 dicken, den Sehnerven selbst versorgenden Arterie, zuweilen von zwei solchen oder auch einer kleinen Vene begleitet. Die Ringmuskelhaut der A. centralis retinae ist stärker entwickelt; sie erhält Gefässnerven aus dem sympathischen System (S. 170).

Aufklärung über die complicirten Verhältnisse der Opticusscheiden ist erst durch Schwalbe (1868, 1874) gegeben worden, der übrigens den Balken der mittleren Scheide ein continuirliches Endothel zuschreibt.

Was den **N. opticus** selbst betrifft, so sind seine zahlreichen (S. 165) Nervenfasern dünn, nur 0,002 messend, varicös, doppeltcontourirt und werden in ca. 800 (Schwalbe, 1874) grössere und kleinere cylindrische oder prismatische, auf dem Querschnitt 4—5 eckige, spitzwinklig anastomosirende Bündel durch sparsames interstitielles Bindegewebe gesondert resp. zusammengehalten, dessen Blutgefässe diese Bündel mit ringförmigen Maschen umgeben. Selten sind stärkere (bis 0,008) Nervenfasern. Zufolge der nach vorn häufiger werdenden Anastomosen der Bündel geschieht es, dass das fasrige Bindegewebe keine röhrenförmigen Septa bildet, wie es auf dem Querdurchschnitt den Anschein hat, sondern verzweigte Platten, zwischen denen längsgestellte ovale Maschen bleiben. Zwischen den Bündeln und in diesen selbst sitzen zahlreiche rundliche Zellen, mit wenig Protoplasma, strahligen Ausläufern und kugligen Kernen, die durch Hämatoxylin und Canadabalsam etc. sichtbar werden. Zum Theil liegen die Zellen in kurzen Längsreihen: vier bis fünf Zellen hinter einander. Sie gehören dem Neurilem an und sind denjenigen in der weissen Gehirnsubstanz (S. Fig. 238, *k*) homolog. In den Lymphspalten zwischen den stärkeren Bindegewebsbündeln kommen auch längere Säulen von Lymphkörperchen vor. Auf dem Querschnitt bilden die durchschnittenen Bündel des N. opticus in der Gegend der Eintrittsstelle der A. und V. centralis retinae in den Nervenstamm eine hufeisenförmige Figur, da derselbe zufolge seiner Entwicklungsgeschichte (S. 153) eine zusammengebogene Rinne darstellt; dieselbe wird von interstitiellem Bindegewebe ausgefüllt, welches von unten her in den Opticusstamm eindringt: die so ausgefüllte Spalte ist enger oder weiter offen oder nur angedeutet. Selten setzt sich die Einbiegung längs des ganzen Nerven fort. — An der Eintrittsstelle in die Lamina cribrosa verlieren die Nervenfasern ihre doppelten Contouren; erstere ist kraterförmig mit wenig erhabenem, an der lateralen Seite etwas höheren Randwalle, *Papilla nervi optici;* in ihrem Centrum, woselbst die A. und V. centralis in die Retina treten (S. 170), leicht concav. Weil die Nervenfasern an Kaliber abnehmen, verjüngt sich das vordere Opticus-Ende kegelförmig; festere netzförmige Bindegewebsbündel mit länglichen quergestellten Maschen bilden in der Dicke der Sclera die *Lamina cribrosa* der letzteren. Die Inoblasten dieser Bindegewebsstränge sind länglich ellipsoidisch und zur Axe des N. opticus quergestellt, also leicht von den erwähnten Zellen der Neuroglia unterscheidbar. Durch die Maschen treten die Nervenbündel in den Bulbus, schon hier mehrfach ausserordentlich feine, varicöse Nervenfibrillen führend, und breiten sich divergirend nach allen Seiten in der Retina aus. Das interstitielle Bindegewebe der ersteren steht auch mit dem der Chorioidea an dem sog. Sehnervenrande derselben oder an der Eintrittsstelle des N. opticus im Zusammenhang.

Muskeln. — Die *Fascia orbitae* s. Periorbita unterscheidet sich in ihrem Bau nicht von gewöhnlichem Periost, das sie repräsentirt, enthält aber in der Fissura orbitalis inferior den dünnen hautartigen, aus glatten Muskelfasern bestehenden *M. orbitalis*, s. orbitalis inferior, dessen Nerven vom Ganglion sphenopalatinum stammen. Einzelne Bündelchen solcher Fasern kommen auch an der Decke, am vorderen lateralen und medialen Rande der Fascia orbitae vor. — Was die Augenlider betrifft, so liegt ein ebenfalls glatter, etwa 1 Cm. langer *M. tarsalis superior* s. palpebralis superior s. orbito-palpebralis, an der unteren Fläche des M. levator palpebrae superioris, entspringt zwischen dessen Fasern, setzt sich mit elastischen Sehnenfäden, wie sie auch am Vorderende des M. orbitalis vorhanden sind, an den oberen Rand des Tarsus superior. Der *M. tarsalis* s. palpebralis *inferior* liegt unter dem unteren Theil der Uebergangs-Conjunctiva und setzt sich in derselben Weise an den unteren Rand der unteren Tarsalscheibe. Beide Muskeln sind stark mit Fett durchwachsen. — Die Trochlea besteht aus Faserknorpel mit sparsamen Knorpelkörperchen. Ueber die Nerven der *quergestreiften Augenmuskeln* s. Nervensystem.

H. Müller (1858) entdeckte diese glatten Muskeln; Waldeyer (1874) sah darin grosse polygonale Zellen.

Nase.

Unter den Knochen der Nase zeichnet sich das Os ethmoideum an seinen dünnsten Stellen durch das Fehlen Havers'scher Gefässkanäle aus. — Die Knorpel der Nase haben feinkörnige Grundsubstanz mit hellen, sparsame Fettkörnchen enthaltenden Knorpelkörperchen, deren rundliche Form an der Oberfläche durch mehrere Schichten länglicher, mit ihrer Längsaxe der letzteren paralleler Chondroblasten verdrängt wird.

Das Vestibulum nasi, von den Nasenlöchern bis zur Apertura pyriformis reichend, ist mit einer Fortsetzung der äusseren Haut überzogen, welche allmälig die Charactere einer Schleimhaut annimmt. Sie besitzt mehrschichtiges Platten-Epithel, dessen obere Lage aus Hornzellen besteht; dasselbe geht nach rückwärts mit nicht scharfer Grenze in Flimmer-Epithel über. Ferner sind Gefässpapillen mit einfachen oder zusammengesetzten Schlingen, die nach oben hin niedrig werden, sowie im unteren Theile lange steife Haare, *Vibrissae,* nebst grossen Talgdrüsen vorhanden.

Die Blutgefässe sind wenig zahlreich, die Nerven stammen vom N. trigeminus, bestehen aus doppeltcontourirten Fasern und endigen wahrscheinlich mit Endkolben.

Mit Ausnahme einer auf den obersten Theil der Scheidewand resp. der oberen Muschel beschränkten Parthie, welche als Regio olfactoria bezeichnet wird, ist die papillenlose Schleimhaut der eigentlichen Nasenhöhle und ihrer Nebenhöhlen mit Flimmer-Epithel ausgekleidet, das Becherzellen (wie die Cylinder-Epithelien, S. 29) enthält. Die Richtung des Stromes geht nach hinten, innerhalb der Nebenhöhlen gegen die Nasenhöhle selbst. Die Grenze gegen das Platten-Epithel des Vestibulum läuft an der Seitenwand hinter dem Rande der Apertura pyriformis, so dass die vordere Parthie der unteren Muschel an ihren beiden Oberflächen noch Platten-Epithel führt; an der Scheidewand entspricht sie einer Linie vom vorderen Ende der Ossa nasi zur Spina nasalis anterior.

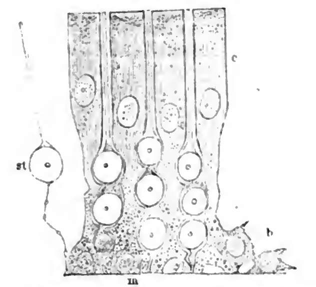
Während in den Nebenhöhlen die Schleimhaut einen sehr feinen straffen Ueberzug des Knochens bildet, ist sie an den Muscheln, namentlich an deren medialer Fläche, mehrere Mm. mächtig. Hier liegen besonders auf der unteren Muschel dicke, an der Oberfläche als flache Hervorragungen sichtbare Convolute cavernöser Venen, deren Hauptzug von vorn nach hinten geht. Eine dünne nervenlose Bindegewebsschicht trennt sie vom Periost.

Die Schleimhaut selbst enthält zahlreiche acinöse Drüsen, hier und da bis zu 150 auf 1 Quadratcentimeter (Sappey), in den Nebenhöhlen sind die Drüsen sparsamer und stellen in den Sinus sphenoidales und maxillaris mehr cylindrische Schläuche mit ansitzenden einzelnen länglichen Acini dar. Das Epithel der letzteren ist pyramidenförmig, in den Schläuchen mehr cylindrisch. Die Blut-Capillaren bilden polygonale Maschennetze. Lymphgefässe sind zahlreich; sie führen zu einem Netz, welches zwischen der hinteren Spitze der Concha inferior und der Mündung der Tuba Eustachii gelegen ist; weiter rückwärts gehen sie zu den Gl. lymphat. faciales profundae und cervicales profundae superiores. Die Nervenfasern stammen vom N. trigeminus, verlaufen doppeltcontourirt und isolirt, weitmaschige Plexus bildend und dichotomisch sich theilend über lange Strecken, ihre Endigung ist unbekannt, trotz vielseitiger Nachforschung.

Die der Regio olfactoria unterscheidet sich in sehr wesentlichen Merkmalen von der übrigen Nasenschleimhaut. Sie trägt nämlich Nerven-

Epithel, Neuro-Epithel, Riech-Epithel, etwa 0,15 und doppelt so dick, als das Flimmer-Epithel der Nasenhöhle. Ersteres besteht aus langen Cylinderzellen und Stäbchenzellen (Riechzellen). Die *Cylinderzellen* (Fig. 95) haben einen gestreckt kegelförmigen Zellenkörper, dessen freies Ende rundlich fünfseitigen oder sechsseitigen Querschnitt zeigt, keine Flimmerhaare oder Stiftchen hat und mit sehr zartem hellen Saume endigt. Nach unten gehen die Zellenkörper in dünne lange (centrale) Ausläufer über, die mit seitlichen Ausbuchtungen und Zacken besetzt sind und die Ausläufer wiederum in niedrige kegelförmige, mit Fortsätzen versehene Protoplasmafüsse. Von diesen Fortsätzen stehen einige mit gezahnter Basis der gezähnelten ebenen Schleimhautoberfläche auf, andere anastomosiren mit den benachbarten Protoplasmafüssen. Letztere enthalten gelbliche Pigmentkörnchen, die auch in dem oberen Theile der Zelle vorkommen können, sie verleihen der Regio olfactoria ihre Farbe für das freie Auge und ihren zweiten Namen: *Locus luteus*.

Fig. 95.



Neuro-Epithel der Regio olfactoria auf dem senkrechten Durchschnitt; Einlegen in 1 $^0/_0$ Osmiumsäure $^1/_4$ Stunde nach dem Tode. V. 1000/400. *c* Cylinderzellen, deren vier vorhanden sind, mit dunkeln Pigmentkörnchen in ihren Protoplasmafüssen. *st* Stäbchenzelle isolirt. *b* Basalzellen. *m* Gezähnelter Grenzsaum der Basalmembran der Schleimhaut. Der Unterschied zwischen den Kernkörperchen der Cylinder- und Stäbchenzellen schematisch.

Die *Stäbchenzellen,* Riechzellen, haben einen sehr schlanken Zellenkörper, der ungefähr an der Grenze seines oberen und mittleren Drittheils einen dickeren ellipsoidischen Kern mit grossem glänzenden Kernkörperchen darbietet. Letzteres erhält sich in Reagentien (0,05 $^0/_0$ige Chromsäure, H. Müller'sche Flüssigkeit, $^1/_4$—1 $^0/_0$ige Osmiumsäure, concentrirte Oxalsäure, 33 $^0/_0$ige Kali- oder Natronlauge), welche die Cylinder- und Stäbchenzellen mit Leichtigkeit zu isoliren gestatten. Der oberhalb des Kerns gelegene Zellenabschnitt ist cylindrisch, wie ein schlankes, oben quer abgeschnittenes, Cilien-loses Stäbchen gebildet, das an der Verbindungsstelle mit dem Kern etwas dicker ist und einige Protoplasmakörnchen enthält. Der untere centrale Abschnitt ist viel dünner, einen 0,0003 messenden Faden darstellend, der in manchen Reagentien (0,05 $^0/_0$ige Chromsäure, 0,25 $^0/_0$ige Osmiumsäure) regelmässige Varicositäten zeigt. Das untere Ende des fadenartigen Abschnitts hört mit einem kleinen Knopf oder Kegel auf, welcher in die Schleimhautoberfläche eingezahnt ist.

In der Flächenansicht zeigt sich, dass die Zahl der Stäbchenzellen anscheinend grösser ist als die der Cylinderzellen. Jede der letzteren wird in der Regel von fünf Stäbchenzellen kranzförmig umgeben; dem entsprechend sitzen an einer isolirten Cylinderzelle gewöhnlich fünf Stäbchenzellen oder Bruchstücke von solchen, namentlich deren Kerne. Jede der Cylinderzellen umringen sechs nächstbenachbarte Cylinderzellen: wo je drei solche einen Zwischenraum zwischen sich lassen, sitzt eine Stäbchenzelle. Aus dieser Anordnung erklärt sich, weshalb gerade fünf Stäbchenzellen auf jede Cylinderzelle zu kommen scheinen, während in Wahrheit jede Stäbchenzelle mit drei nächstbenachbarten Cylinderzellen in Berührung steht.

Zwischen den Ausläufern der Cylinder- und Stäbchenzellen werden die Zwischenräume, welche übrig bleiben, weil jene dünner sind als die Zellenkörper und Protoplasmafüsse, von einer dritten Zellenart, den *Basalzellen*, Ersatzzellen, eingenommen. Sie sind klein, kuglig, oder länglich, spindelförmig, mit ihrem Längsdurchmesser senkrecht zur Schleimhaut gestellt. Es sind junge Cylinderzellen, und da man in den letzteren selbst hier und da zwei (granulirte, Fig. 95) Kerne über einander wahrnimmt, auch die Protoplasmafüsse zuweilen einen Kern incl. Kernkörperchen enthalten, so ist die Annahme gestattet, dass, wenigstens theilweise, bei der Erneuerung der Cylinderzellen eine Kerntheilung der Zellentheilung vorhergeht. Bei letzterer wird der cylindrische Zellenkörper incl. Kern abgelöst und gelangt in den Nasenschleim. Ausserdem kommen Becherzellen vor, wie im Flimmer-Epithel (S. 176); auch Platzen der Kerne an ihrem oberen Ende ist wahrgenommen, wodurch sie ihrerseits die Form von Bechern erhalten, zu sog. Becherkernen werden. Ueber eine Reproduction der Stäbchenzellen sind keine Anhaltspunkte bekannt.

Von der Fläche gesehen stellen die Protoplasmafüsse, welche nach dem Abreissen der Cylinder- und Stäbchenzellen zurückbleiben, ein aus sternförmigen Protoplasma-Massen bestehendes Netzwerk dar. Dessen Zwischenräume, sowie diejenigen, welche in dem von den unteren Zellenausläufern und den Basalzellen nicht eingenommenen Raume frei bleiben, werden von einem *subepithelialen Nervenplexus* eingenommen, welcher die Endausbreitung der Aeste des N. olfactorius darstellt und aus marklosen Endfibrillen besteht. Dieselben sind sehr fein, granulirt, werden in Reagentien, wie die unteren Ausläufer der Stäbchenzellen varicös. Aus dem horizontal ausgebreiteten, von Fibrillenbündeln zusammengesetzten Plexus richten sich einzelne der Fibrillen in die Höhe.

Wie die Endigung dieser aufwärts biegenden Fasern stattfindet, ist unbekannt. Nach einer Hypothese von Max Schultze (1862), der sich Babuchin (1871), Paschutin (1872) u. A. anschlossen, treten sie mit den varicösen Ausläufern der Stäbchenzellen in Verbindung, letztere wurden eben deshalb Riechzellen genannt. Nach Exner (1870) ist das beschriebene, von Max Schultze und Kölliker (1862) für Bindegewebe gehaltene Netzwerk der Protoplasmafüsse nervös und steht (beim Frosch) sowohl mit den subepithelialen Nervenfibrillen, als mit den unteren Ausläufern der Stäbchen- und den Cylinderzellen in Continuität. C. K. Hoffmann (1866) sah fettige Entartung der Cylinder-Stäbchen- und Basalzellen bei Kaninchen und Fröschen nach Olfactorius-Durchschneidung, wie Analoges bei einfach sensiblen Terminalkörperchen (S. Nervensystem) eintritt. Möglicherweise liegt jedoch eine Verwechslung mit normalen Pigment- oder Fettkörnchen vor.

Die *Schleimhaut* selbst ist in der Regio olfactoria dick, locker, Blutgefäss-reich, eben, im Allgemeinen ebenfalls papillenfrei, jedoch stellenweise mit schlanken, eine enge Capillargefässschlinge enthaltenden Papillen von etwa 0,04 Länge auf 0,011 Dicke besetzt, die in das an denselben gehärteten Präparaten 0,113 dicke Nerven-Epithel bis auf ein Drittel oder die Hälfte der Dicke desselben hineinragen. Ihr topographisches Vorkommen ist noch nicht ermittelt; doch scheinen sie an der unteren Grenze der Regio olfactoria vorwiegend vorhanden zu sein. Ausserdem besitzt die Schleimhaut *acinöse Schleimdrüsen*, deren von kleineren Platten-Epithelien ausgekleidete Ausführungsgänge sich in Betreff des Epithels bis zur äussersten Oberfläche zwischen den Neuro-Epithelien fortsetzen. — Lymphgefässe der Regio olfactoria sind nicht untersucht.

Bei den Wirbelthieren sind die Verhältnisse in mancher Hinsicht anders als beim Menschen. Die geschilderten Besonderheiten des Neuro-Epithels finden sich überall wieder; bei Säugethieren (Schaf, Kaninchen) sind aber die Cylinderzellen auf ihrer ganzen freien Fläche mit einem dichten Wald ausserordentlich feiner, biegsamer, nicht flimmernder, mindestens 0,005 langer Haare besetzt, die auch den Stäbchenzellen zukommen und auf letzteren etwas dicker zu sein scheinen. Sie erhalten sich nur in H. Müller'scher Flüssigkeit und werden erst bei 800facher Vergrösserung deutlich. Vielleicht sind sie auch beim Menschen vorhanden, woselbst zwischen den Neuro-Epithelien der Regio olfactoria häufig eingesprengte, mit gewöhnlichem Flimmer-Epithel versehene Stellen vorkommen, und so erklärt sich, weshalb einige Beobachter bei Hingerichteten alle Gegenden der Nasenhöhle flimmernd gefunden haben. Ferner ist bei Säugethieren die Abgrenzung der Regio olfactoria nach unten schärfer markirt; doch scheint sich die Pigmentirung mitunter noch etwas weiter abwärts zu erstrecken, als das Neuro-Epithel. Auch die Stäbchenzellen und ihre unteren Ausläufer enthalten mitunter Pigmentkörnchen. Die freie Oberfläche des Neuro-Epithels wird bei Thieren von einer *Membrana reticularis olfactoria*, Membrana olfactoria

* Max Schultze, Untersuchungen über d. Bau d. Nasenschleimhaut. Halle, 1862.
† Babuchin, Stricker's Handbuch d. Lehre von den Geweben Bd. II. Leipzig 1872.
‡ Exner, Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wissenschaften Wien, Bd. LXIII u. LXV.
‡ Hoffmann, [illegible] 1866
Martin, Studies from the Physiological Laboratory in the University of Cambridge, Part I, 1873

(v. Brunn,* 1874) bedeckt, die netzförmig sich um die äusseren Kanten der Cylinderzellen-Enden schmiegt, und von den Haaren der Stäbchenzellen (Riechhaaren) durchbohrt wird. Sie ist den Membranae reticularis cochleae (S. 133) und retinae (s. limitans externa, S. 159) homolog. Bei den übrigen Wirbelthieren sind alle freien Flächen der Cylinder- und Stäbchenzellen ebenfalls mit weit längeren und feineren Haaren dicht besetzt, die beim Frosch, wie Eckhardt (1858) gezeigt hat, sämmtlich flimmern. Die Flimmerhaare sind mindestens dreimal länger, als die des gewöhnlichen Flimmer-Epithels; sie erhalten sich deutlich in 0,25%iger Osmiumsäure; die Flimmerbewegung ist am überlebenden Präparat erst mit 800facher Vergrösserung wahrzunehmen, wenn die des gewöhnlichen Flimmer-Epithels bei 200facher sehr deutlich ist. Beim Hasen sind die erwähnten Schleimhaut-Papillen in der Begrenzung der Regio olfactoria ebenfalls vorhanden, aber zum Theil dicker, mehr hügelförmig. Man kann sie durch successive Anwendung von H. Müller'scher Flüssigkeit, Alkohol, Natronlauge; beim Menschen auch durch Maceration in 2% Essigsäure darstellen. Diese Papillen wurden von F. E. Schulze (1867) beim Menschen und vielen Thieren entdeckt. — Mehrfache Uebergänge zwischen Cylinder- und Stäbchenzellen finden sich beim Frosch, auch ist die Differenz in Betreff eines grösseren Kernkörperchens in den letzteren hier nicht so auffallend.

Anstatt gewöhnlicher Schleimdrüsen besitzen die Säugethiere und andere Wirbelthiere in der Regio olfactoria *Bowman'sche Drüsen*. Dieselben sind mehr schlauchförmig, mit sparsamen länglichen Ausbuchtungen am unteren Ende, beim Frosch sind es nur einfache Schläuche; ihre Epithelzellen sind gross, polyedrisch und sehr zart contourirt, sowie die Drüsen selbst wenig resistent. Diese Zellen enthalten auch gelbliche Pigmentkörnchen. Das Verhalten der Aeste des N. olfactorius ist dagegen überall dasselbe. — Der übrige Theil der Nasenschleimhaut enthält bei Säugethieren gewöhnliche acinöse Drüsen, deren Ausführungsgänge beim Hund Cylinder-Epithelialzellen mit an der Basis sich zerfaserndem Protoplasma tragen, und die Zellen in den Acini führen kein Mucin (A. Heidenhain, 1870).

Nerven der Schleimhaut der Regio olfactoria. Unter spitzwinkligen Anastomosen durchziehen breite flache Bündel die Schleimhaut, mit ihrer Ebene deren Oberfläche parallel laufend, und hier und da von einzelnen doppeltcontourirten, vom N. trigeminus stammenden, einfach sensibeln Nervenfasern begleitet. In den engen länglichen Maschen der ersteren treten die acinösen Drüsen zu Tage; die Bündel selbst bestehen aus breiten granulirten, ebenfalls sich theilenden Fasern, welche ihrerseits eine structurlose Scheide, an deren Innenfläche angelagerte längs-ovale, etwas abgeplattete Kerne (Fig. 96 *k*), und einen abgeplatteten Querschnitt besitzen. Anwendung von indifferenten Reagentien, auch Chromsäure zeigt die Zusammensetzung des granulirten Inhalts dieser Fasern aus zahlreichen sehr feinen Fibrillen. Die zu Faserbündeln zusammengelagerten Olfactoriusfasern selbst sind mithin als Fibrillenbündel zu bezeichnen (S. Nervensystem); die Faserbündel besitzen besondere kernhaltige Scheiden und strahlen, Aestchen abgebend, nach unten pinselförmig aus; sie reichen an der Nasen-Scheidewand weiter abwärts als an der Seitenwand und überschreiten hier und da die Grenze der mit freiem Auge sichtbaren Regio olfactoria um Mm., nicht aber die Grenze des Neuro-Epithels. — (In Betreff der Endigung s. oben S. 178 und zweifelhafte Nerven-Endigungen.)

Fig. 96.



Zwei Nervenfasern des Olfactorius aus der Nasenschleimhaut, frisch ohne Zusatz. V. 800. *k* Kern des Neurilems.

Die Ductus incisivi, welche der Canalis incisivus enthält, sind eine Fortsetzung der Schleimhaut der Nasenhöhle, sammt ihres Epithels.

Häufig sind die Ductus incisivi nach ihren Gaumenöffnungen hin obliterirt. Beim Menschen nur andeutungsweise vorhanden, erreicht diese Communication zwischen Nase und Mundhöhle bei Thieren eine bedeutende Entwicklung. Die Ductus incisivi (Stenson'sche Gänge, Jacobson'sches Organ) stellen nämlich eine Knorpelröhre dar, deren Schleimhaut von Neuro-Epithel überzogen und durch Aeste des N. olfactorius versorgt wird, mithin dem Geruchsinn dient. Leydig (1872) fand sie auch bei Schlangen und Eidechsen.

Geschmacksorgan.

Ausser an der Zunge liegen auch am Gaumen und an der Vorderfläche der Epiglottis die Neuro-Epithelien des Geschmacksnerven, N. glossopharyngeus, verbreitet. Als Hülfsorgane des Geschmackssinnes können Mundhöhle, Kau-Apparat, Gaumen, Zunge und Speicheldrüsen zusammengefasst werden, obgleich ihnen, wie schon aus dem gewöhnlichen Leben bekannt, eben so gut Functionen der Athmung, Stimme und Sprache, sowie der Verdauungs-Vorbereitung zukommen. Die Epiglottis (s. auch S. 190) steht zum Kehlkopf in näherer Beziehung und wird bei den Respirationsorganen abgehandelt, der Schlundkopf bei den Verdauungsorganen.

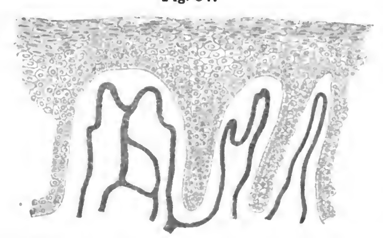
*v. Brunn. Untersuchungen über das Riechepithel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11, p. 468, 1875.

Mundhöhle.

Die Schleimhaut der Lippen geht allmälig in die äussere Haut über und besitzt anfangs noch *Talgdrüsen* in ihrem rothen Theile, die an den Mundwinkeln und der Oberlippe zahlreicher sind. Die Schleimhaut selbst hat lange einfache oder zum Theil zusammengesetzte Papillen, viele elastische Fasern, ein festeres submucöses Bindegewebe mit zahlreichen acinösen Drüsen, *Gl. labiales,* deren Ausführungsgang (wie die aller kleinen acinösen Drüsen der Mundhöhle) mit Cylinder-Epithel ausgekleidet ist und aus Bindegewebe mit einzelnen elastischen Fasern besteht, während die Acini Pyramiden-Epithelien besitzen, deren Protoplasma durch Essigsäure körnig gerinnt, Mucin enthält.

Die Blutgefässe bilden Schlingen und Schlingenmaschennetze in den Papillen (Fig. 97); die Nerven sind sehr zahlreich, ihre doppeltcontourirten Fasern endigen im Uebergangstheile der Lippen mit Tastkörperchen, in der eigentlichen Schleimhaut mit Endkolben, die in der Spitze der Papillen gelegen sind. Unter ihrer Basis kommen zuweilen Nervenknäuel vor (S. Nervensystem). Die Frenula labiorum haben kleine sparsame Papillen und Endkolben unterhalb derselben: von den Muskelfasern des Orbicularis oris verlieren sich einzelne dicht unter den Papillen, in eine elastische Faser übergehend (bei Nagern kommen auch Theilungen der Muskelfasern vor).

Fig. 97.



Drei Papillen der Mundschleimhaut auf dem senkrechten Durchschnitt. Die Blutgefässe sind mit Leim und Berlinerblau injicirt; Alkohol, Carmin, Essigsäure, Glycerin. V. 400/200. In der grösseren Papille bilden die Capillaren ein Schlingenmaschennetz, in den anderen einfache oder mehrfache Schlingen. Die Epithelialzellen der untersten Reihe sind länglich und stehen senkrecht auf ihrer Unterlage.

Die Backenschleimhaut ist dicht an den M. buccinator geheftet, ihre Papillen u. *Gl. buccales* sind kleiner, letztere sparsam.

Die Nerven der letztgenannten Schleimhaut endigen mit Endkolben (Rouget, 1868). Die Lymphgefässe der Mundhöhlenschleimhaut bilden ein Netz, welches an den Lippen in die der Cutis übergeht, nach hinten mit den Netzen der Nasenhöhle und des Pharynx zusammenhängt.

Das Zahnfleisch, Gingiva, zeigt eine dicke, aus straffen gekreuzten Bündeln bestehende, mit dem Periost verwachsene Submucosa, an seiner Oberfläche zusammengesetzte Papillen, zwischen welchen kleine mit platten Epithelialzellen gefüllte Grübchen oder Nester von ersteren vorkommen können.

Zähne.

Die feinere Structur sämmtlicher Zähne ist dieselbe: sie bestehen aus dem Schmelz, dem Caement und Dentin, und enthalten im Innern die Zahnpulpa.

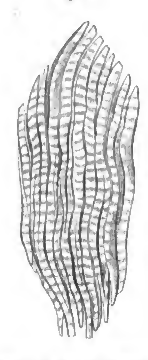
Der Schmelz, Substantia adamantina, wird von länglichen, dicht aneinander gelagerten, unregelmässig 4—6seitigen (ursprünglich regelmässig sechs-

seitigen) *Schmelzprismen*, Schmelzfasern gebildet. Sie erstrecken sich, radiär gestellt, von der Oberfläche der Zahnkrone nach innen und laufen in der Richtung von der Oberfläche zum Mittelpunkt der Krone, senkrecht auf die Oberfläche des Zahnbeintheils der letzteren; daher in der Mitte der Kaufläche longitudinal, neben derselben schräg, in den Seitenflächen der Krone transversal. In dieser Hauptrichtung machen sie eine bald stärkere, bald schwächere S-förmige Biegung, welche an der Berührungsstelle mit dem Dentin die kürzeste, nach der Zahnwurzel hin gerichtete Krümmung zu beschreiben pflegt. Der grösste Theil der einzelnen Prismen oder vielleicht alle erstrecken sich von der Oberfläche der Krone bis zur inneren Fläche der Schmelzrinde, daher ihre Länge ungleich und der Dicke der letzteren entsprechend ist, und viele dieser Prismen an ihrem äusseren und inneren Ende eine etwas verschiedene Dicke darbieten.

In Folge jener windschiefen Biegungen (sog. Kreuzung) seiner Prismen, welche den Gang der durchfallenden Lichtstrahlen ändert, zeigt der Schmelz bei schwachen Vergrösserungen auf beliebig geführten Durchschnitten resp. Schliffen scheinbar blättrige Structur, indem verschiedene Faserrichtungen schichtenweise mit einander abwechseln. So entsteht auf der Ansicht des Längsdurchschnittes eine radiäre, bei schwachen Vergrösserungen und auffallendem Licht aus abwechselnd bläulichweissen und kreideweissen Streifen nach einer dem Laufe der Schmelzprismen entsprechenden Richtung gebildete Zeichnung, von welchen die ersteren leichter einen hohen Grad von Politur annehmen: die Breite von je zwei solcher Streifen — oder vielmehr die Dicke zweier Schichten — beträgt im Mittel 0,09; wo sie dem blossen Auge doppelt so breit sich darstellen, erkennt man bei schwacher Vergrösserung, dass in jedem breiteren weissen Streifen ein schmalerer bläulicher, und in jedem breiteren bläulichen Streifen ein schmalerer weisser eingeschoben ist. Die meisten Schichten, die also in Gestalt sehr platter Ringe, deren Dicke der Schmelzrinde des Zahnes meistens gleich und die nach ihren Flächen leicht wellenförmig gebogen sind, den Zahnbeintheil der Krone umfassen, erstrecken sich durch die ganze Dicke der Schmelzrinde von der äusseren bis zur inneren Fläche; andere aber sind von geringerer Ausdehnung und zwischen den benachbarten eingekeilt, daher auch ihre Schmelzprismen kürzer: welche Anordnung durch die stärkere Convexität oder Concavität einzelner Stellen der Oberfläche der Krone bedingt wird. Die Ränder der weissen Schichten treten an der Oberfläche des Schmelzes mehr hervor und bilden schmale, wellenförmig um die ganze Peripherie der Krone verlaufende, schwach erhabene Ringe, welche durch seichte, von den Rändern der bläulichen Schichten gebildete Furchen getrennt sind; ein Ring und eine Furche zusammen messen, wie die Schichten selbst, 0,09: man sieht sie am deutlichsten an den Seitenflächen der Krone; an der Kaufläche werden sie durch den Gebrauch bald abgeschliffen. Durch diese schmalen Ringe wird die Oberfläche der Krone (abgesehen von den ansehnlicheren Hervorragungen und Vertiefungen, durch welche die Gestalt der Krone verschiedener Arten von Zähnen bedingt wird) etwas uneben, was indessen den Glanz derselben nicht beeinträchtigt: unbeständig vorhandene breitere Ringe enthalten mehrere, vier bis acht, jener constant vorhandenen regelmässigen schmalen Ringe. — Ausser jenen, grösstentheils transversalen, der geschichteten Textur des Schmelzes angehörenden Streifen sieht man öfters an angeschliffenen Durchschnittsflächen desselben breitere und schmalere weisse und bräunliche Streifen (sog. Retzius'sche Parallelstreifen) von sehr unbeständiger Ausdehnung und Anzahl, welche longitudinal, der Oberfläche der Krone parallel, oder in der Kaufläche gebogen

von einer Seite zur anderen laufen, mit der Richtung der Schmelzprismen sich kreuzend: sie rühren von kürzeren Biegungen resp. Knickungen ganzer Reihen von Schmelzprismen her. Die Enden, welche man an letzteren häufig sieht (Fig. 98), sind Kunstproducte. Durch verdünnte Chlorwasserstoffsäure sind die Prismen isolirbar; hierbei, aber auch schon bei Wasserzusatz sieht man an den Prismen auf der Längsansicht in ziemlich regelmässigen Abständen dunklere Querstreifen (Fig. 98): der optische Ausdruck von successiven kleinen windschiefen Biegungen.

Fig. 98.



Stücke von Schmelzprismen in der Längsansicht mit Chlorwasserstoffsäure. V. 400.

Von einer 0,1 dicken, durch 25 %ige Chlorwasserstoffsäure abhebbaren homogenen Membran, dem *Schmelzoberhäutchen*, Cuticula dentis, wird die freie Oberfläche des Schmelzes überzogen. Dasselbe zeigt an seiner Innenfläche mitunter Abdrücke der polygonalen Enden der Schmelzprismen, ist in fast allen Reagentien in der Kälte unlöslich, stickstoffhaltig, färbt sich gelb durch Salpetersäure.

Das Caement, Caementum, hat im ausgebildeten Zustande ganz das Ansehen der Knochengrundsubstanz, besteht aus concentrischen Lamellen mit Knochenkörperchen und anastomosirenden Knochenkanälchen, enthält aber nur stellenweise kleine Gefässkanälchen. Die Körperchen sind hin und wieder etwas kleiner und unregelmässiger, als die der Knochen; sie fehlen meist in dem äusseren, weniger deutlich lamellösen Theile der Knochenrinde und überhaupt in dem dünnen Theile an der oberen Grenze; die Lamellen sind parallel der Zahnperipherie geordnet, gewöhnlich ebenso die Längsaxen der quergestellten Knochenkörperchen (Fig. 99 *c*).

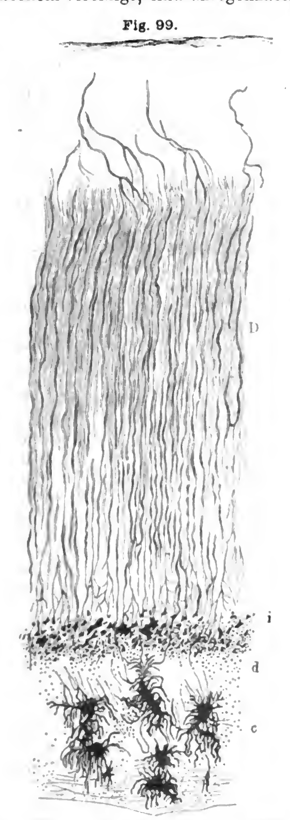
Es kommen auch perforirende (Sharpey'sche S. 68) Fasern, Caementröhren (Kollmann), vor. — Die Blutgefässe dringen von aussen und namentlich von der Wurzel her in das Caement ein. — An der Grenze gegen das Dentin werden die Knochenkanälchen besonders zahlreich, laufen einander parallel senkrecht auf dessen Oberfläche und anastomosiren mit Dentinröhrchen.

Die äusserste Schicht des Dentins wird von einem Streifen gebildet, der *Interglobularräume* (Fig. 99 *i*) enthält. Dies sind sehr unregelmässig gestaltete, theils rundliche theils mehr eckige, bei durchfallendem Licht dunkle Hohlräume, welche unverkalkte Dentingrundsubstanz und einzelne Dentinfasern enthalten. — Das eigentliche Dentin besteht aus einer *Grundsubstanz,* Intertubularsubstanz, Dentinknorpel, die dem Knochenknorpel homolog ist und zahlreichen, dieselbe durchsetzenden Dentinröhrchen. Letztere haben eine Wand, die als Dentinscheide bezeichnet wird und eine feinere Faser, Dentinfaser, als Inhalt. Die Grundsubstanz ist verkalkt und ragt in Form von microscopischen kugligen Massen in die Interglobularräume und ebenso in die Pulpahöhle hinein.

Die *Dentinröhrchen,* Zahnröhrchen, Zahnkanälchen, Tubuli s. Canaliculi dentales, sind gelblicher als die Grundsubstanz; sie haben Wände, welche am trockenen Zahn nach aussen allmälig in die Grundsubstanz überzugehen scheinen, auf dem Querschnitt sich als kreisförmige gelbliche Säume um das helle Lumen darstellen. Die Röhrchen beginnen in den Wänden der Pulpahöhle und der Wurzelkanäle mit sehr engen, runden oder etwas ovalen Löchern

von demselben wechselnden Durchmesser wie die Röhrchen selbst, einzeln oder zu Büscheln vereinigt; sind unregelmässig gebogen oder geknickt und laufen dann divergirend nach allen Seiten gegen die Peripherie des Zahnbeins; nur in der Axe der Krone ziemlich longitudinal, an allen anderen Stellen mehr oder weniger transversal und zwischen der Längen- und Querrichtung des Zahns schräg gerichtet, letzteres vorzüglich in den der Axe benachbarten Stellen der Krone und in der äussersten Wurzelspitze. In diesem Laufe machen sie mehrere ansehnliche Krümmungen, welche, auf Längsschnitten des Zahns betrachtet, meistens mit einer kurzen Biegung von der Zahnhöhle ausgehen, eine stärkere Krümmung gegen die Kaufläche, dann gegen die Wurzelspitze hin beschreiben, und mit einer kurzen Biegung an der Peripherie gegen die Kaufläche sich wenden; letzteres besonders deutlich an den Seitenflächen der Krone: indessen finden sich auch abweichende Richtungen und Krümmungen, obgleich benachbarte Röhrchen, abgesehen von ihrer Divergenz nach der Peripherie hin, einander ziemlich parallel bleiben. Auf Querschnitten der Wurzeln sieht man die Röhrchen grösstentheils wie gekrümmte Strahlen gegen die Oberfläche hin sich ausbreiten. Ausser jenen ansehnlichen Krümmungen, welche die Ursache einer mit freiem Auge auf Zahndurchschnitten sichtbaren, der Pulpahöhle concentrischen, matten Streifung (sog. Schreger'sche Linien) sind, machen die Röhrchen noch zahlreiche kleine, spiralförmige, theils rechts- theils linksgewundene Biegungen, im Mittel eine auf einer Strecke von 0,02 Länge. Gegen die Peripherie des Zahnbeins hin sind sie mehr geradlinig; sehr steile Spiralen darstellend spalten sich die Dentinröhrchen einmal oder mehrmals und zwar gabelförmig unter spitzen Winkeln, so dass die Peripherie beinahe eben so dicht von Röhrchen durchzogen wird, als der innere Theil des Dentins; indessen sind diese Aeste dünner als die Hauptröhren oder Stämmchen; sie anastomosiren

Fig. 99.



Längsschliff einer Backenzahnwurzel. V. 500/200. *c* Knochenkörperchen des Caements, mit Luft gefüllt. *i* Interglobularräume, dunkel aus demselben Grunde. *D* Dentinröhrchen, die unter einander anastomosiren, sich schlingenförmig umbiegen und bei *d* in die Ausläufer der Knochenkörperchen übergehen.

vielfach unter einander und bilden nach auswärts gerichtete convexe Umbiegungsschlingen (Fig. 99 *D*). Die Distanz der einzelnen Röhrchen oder die Dicke der Grundsubstanz zwischen ihnen beträgt im Mittel das Dreifache ihrer eigenen Dicke, selten das Fünffache, öfterer nur das Doppelte oder ist sogar dem Durchmesser der Röhrchen gleich; was von den kleinen wellenförmigen Biegungen, die in den einander benachbarten Röhrchen nicht parallel sind, sondern convergiren und divergiren, sowie auch von der verschiedenen Dicke der Röhrchen und der Zahl ihrer Aeste abhängt: jedenfalls bildet die Grundsubstanz einen grösseren Theil der Masse des Dentins, als die Röhrchen.

An der Interglobularsubstanz münden die Röhrchen in deren Hohlräume, ebenso laufen sie an der Grenze gegen den Schmelz frei aus, ohne in letzteren einzudringen.

Die Dentinröhrchen besitzen eine verkalkte Wandung von 0,001 Dicke und ein doppelt so weites Lumen. Die Wandung besteht aus einer festeren Substanz als der Dentinknorpel, die resistenter ist gegen 25 %ige Chlorwasserstoffsäure, durch welche letzterer nach etwa 24 Stunden aufgelöst wird. Die auf solche Art isolirten *Dentinscheiden*, Zahnscheiden, Dentinfaserscheiden lassen sich durch Carmin roth färben, sind spiralig torquirt und durch Zusammensinken ihrer Wandung abgeplattet. Im Lumen jeder Dentinscheide, dasselbe nicht ganz ausfüllend, liegt eine sehr feine, 0,0006 dicke, platte, cylindrische *Dentinfaser*, Zahnfaser, die alle Biegungen der Dentinröhrchen mitmacht. Sie wird am besten sichtbar durch successive Behandlung frischer Zähne mit H. Müller'scher Flüssigkeit, 10 %iger Chlorwasserstoffsäure, Alkohol oder 1 %iger Osmiumsäure anstatt der ersteren. Durch Goldchlorid färbt sich der gesammte Inhalt der Dentinröhrchen schwarz. Die Dentinfasern verhalten sich wie die Röhrchen in deren ganzem Verlauf, und treten, ohne in die feineren Verzweigungen einzudringen, in erstere von der Pulpahöhle her ein.

Die Zahn-Pulpa, Pulpa dentis, besteht an ihrer Aussenfläche aus einer zusammenhängenden einfachen oder auch wohl mehrfachen Lage cylindrischer, mit der Längsaxe gegen die Wand der Pulpahöhle senkrecht gestellter Zellen, *Odontoblasten*,* Elfenbeinzellen, deren in mehrfacher Zahl vorhandene Ausläufer die Dentinfasern sind. Erstere besitzen nach ihrer Basis hin einen ellipsoidischen Kern, dieselbe ist bei den tieferen Zellen in die bindegewebige Oberfläche der Pulpa eingezahnt. Das Bindegewebe der Pulpa ist grösstentheils reticulär, mit zahlreichen Lymphkörperchen durchsetzt.

Dasselbe enthält die Blutgefässe sowie Nerven des Zahnes. Erstere sind zahlreich, dringen als mehrere arterielle Stämmchen, die durch das Loch an der Wurzel eintreten, in die Pulpa, verlaufen parallel der Längsaxe des Zahnes und bilden an der Oberfläche der Pulpa ein Schlingenmaschennetz. — Lymphgefässe sind nicht bekannt. — Die Nerven bestehen ebenfalls aus mehreren Stämmchen doppeltcontourirter Fasern, von denen der centrale der stärkere zu sein pflegt; verlaufen in der Richtung der Blutgefässe, bilden gegen die Oberfläche der Pulpa spitzwinklige Anastomosen und geben schon vorher mitunter einzelne Fasern seitlich ab. Alle doppeltcontourirten Nervenfasern gehen schliesslich in blasse Endfasern über, die nach kurzem gegen die Oberfläche gerichteten Verlaufe nicht weiter zu verfolgen sind.

Die Zähne haben die Bedeutung von grossen Papillen der Mundhöhle, deren peripherischer Theil (das Dentin) verknöchert ist. Die Odontoblasten entsprechen nämlich den Osteoblasten, die Dentinröhrchen den Knochenkanälchen, mit denen sie an der Caementgrenze direct zusammenhängen, die Dentinfasern den Ausläufern von Osteoblasten, die aber kürzer sind als letztere Fasern. Auch die Interglobularräume enthalten z. B. beim Kalbe den Osteoblasten homologe sternförmige Zellen, deren Protoplasma und Ausläufer verkümmern und zu dem späteren, am trockenen Zahn vertrockneten Inhalt derselben sich gestalten. Die Schmelzprismen haben den Werth eines regelmässig gebauten, aus einer Einstülpung des Mundhöhlen-Epithels, welche als fötales *Schmelzorgan* bezeichnet wird und mantelförmig die ursprüngliche Zahnanlage umgibt, hervorgehenden Cylinder-Epithels; sie besitzen beim Embryo Kerne, verkalken später und zeichnen sich durch den Gehalt des Schmelzes an Fluor-Calcium (3 %, Berzelius) aus. Wie Leydig (1872) nachwies, ist dagegen bei Salamandern und Schlangen das Dentin eine Epithelial-Bildung und wird dies auch für die Säugethiere vermuthet. Die wellenförmigen Ringe an der Oberfläche der Krone, sowie die Kreuzungen und Schichtungen der Schmelzprismen erklärt die Entwicklungsgeschichte durch das Vorhandensein von Papillen auf der Innenfläche des erwähnten Schmelzorgans, welche sich in dem noch weichen Schmelz gleichsam abdrücken. Die Zahnpulpa ist der unverknöchert gebliebene Axenstrang der ursprünglichen Mund-

* abgebildet in Untersuchungen über die Zahnpulpa von Franz Boll, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 4, p. 73, (Tafel V).

höhlenpapille; an ihrer Oberfläche treten manchmal längere, in verdünnter Chromsäure nicht varicöse, seidig glänzende Fasern in die Dentinröhrchen ein. Dieselben sind jedoch keine Fortsetzungen nervöser Endfasern, wofür sie gehalten worden sind, sondern längere Ausläufer von tiefer gelegenen Odontoblasten. — Das Schmelzoberhäutchen entsteht durch Verschmelzung einer aus polygonalen verhornten Platten-Epithelien zusammengesetzten Bekleidung des Schmelzorgans (Waldeyer, 1865). — Mitunter finden sich im Dentin, abgesehen von den erwähnten, der Pulpahöhle concentrischen Streifungen, die Schreger'sche Linien (S. 183) genannt werden, noch ähnliche parallele, sog. Contourlinien (Owen, 1840) auf Durchschnitten der Krone, welche aber mit der Oberfläche der letzteren concentrisch sind. Ihre Ursache ist ebenfalls in Biegungen der Dentinröhrchen zu suchen. — Auf Durchschnittsschliffen lassen sich also in den Bestandtheilen der Zähne folgende Linien oder Streifen unterscheiden: Im Schmelz: a. radiäre, abhängig von windschiefer Anordnung (Kreuzung) der Schmelzprismen. b. concentrische bräunliche (Retzius'sche Parallelstreifen, S. 181) bedingt durch Biegungen der Prismen. Im Dentin: a. der Pulpahöhle concentrische (Schreger'sche Linien). b. der Kronenoberfläche concentrische (Owen'sche Contourlinien); beide bedingt durch Wellenbiegungen der Dentinröhrchen. Im Caement: an den Wurzelspitzen hier und da Grenzen von Lamellen wie in den Röhrenknochen.

Die grösseren Curven im Dentin überhaupt weisen vermuthlich auf Druckschwankungen hin, denen der wachsende Zahn durch die Alveole ausgesetzt ist und dasselbe gilt von den bräunlichen Linien im Schmelz, während die Spiralwindungen durch schnelleres Wachsthum der Dentinröhrchen gegenüber der Grundsubstanz bedingt werden (Kollmann, 1873). — Die Anhäufungen von Zellen in Grübchen des Zahnfleisches (S. 180) wurden Gl. tartaricae genannt; sie sind abgeschnürte Reste des Schmelzorgans (Waldeyer, 1865).

Das Periost der Zahnalveole ist reich an Plexus doppeltcontourirter Nervenfasern, deren Endigung unbekannt; sowie an Blutgefässen, enthält aber nur sparsame elastische Fasern. An den Oeffnungen der Wurzelkanäle steht das Periost mit der Zahnpulpa durch einen die Blutgefässe und Nervenstämmchen führenden Bindegewebsstrang in Zusammenhang.

Gaumen.

Die Schleimhaut des *harten Gaumens* hat sparsame niedrige Gefäss-Papillen, die nach der Medianlinie zu mehr verstreichen, nach hinten dichter stehen. Sie sind schräg nach vorn gegen die freie Oberfläche des Platten-Epithels gerichtet, welches sie überkleidet; die Submucosa ist mit dem Periost verwachsen und enthält lateralwärts Fettzellengruppen und ferner *acinöse Drüsen.* Letztere beginnen mit der hinteren Hälfte an deren lateralen Parthien anfangs vereinzelt, stehen weiter rückwärts dichter und in sagittalen Längsreihen.

Die stärkeren Blutgefässe verlaufen vorzugsweise ebenfalls in sagittaler Richtung, die Nervenstämmchen mehr schräg, die Endigung ihrer doppeltcontourirten Fasern ist nicht bekannt; in die Papillen dringen sie nicht. — Szontagh (1856) zählte bis 250 acinöse Drüsen.

An der Schleimhaut der Vorderfläche des *weichen Gaumens* sind sparsame Papillen, an der Uvula längere vorhanden und beide mit Platten-Epithel überkleidet. Die Hinterflächen haben zahlreichere Papillen und führen Flimmer-Epithel, untermischt mit Inseln von Platten-Epithel.

Die Mucosa selbst und namentlich das submucöse Gewebe enthält elastische Fasernetze, die an der Vorderfläche der Uvula besonders reichlich sind; ferner dichte Lymphgefässnetze, und acinöse Drüsen, *Gl. palatinae*, deren Zahl 100 an der vorderen, 40 an der hinteren Fläche des weichen Gaumens und 12 an der Uvula betragen kann (Szontagh). Ihre mit Cylinder-Epithel versehenen Ausführungsgänge durchbohren in schräg abwärts gerichtetem Verlaufe die Mucosa und haben an der hinteren Fläche der Uvula eine erweiterte Mündung; die Drüsen der Vorderfläche des weichen Gaumens sind grösser als die übrigen und die des harten Gaumens, sowie der Gaumenbögen.

Zuweilen zeigen die Ausführungsgänge der ersteren Flimmer-Epithel (Klein, 1868). — Doppeltcontourirte Nervenfasern dringen an der Vorderfläche des weichen Gaumens in die Papillen ein und endigen zum Theil mit Endkolben, die sowohl unter der Basis, als in halber Höhe, als in der Spitze der Papillen gelegen sein können. Auf der Höhe, sowie an den seitlichen Abhängen einiger grösserer Papillen der vorderen Fläche, namentlich nahe oberhalb der Uvula kommen im Epithel auch Geschmacksknospen (S. 187) vor. Sie wurden von A. Hoffmann (1875) bei Neugeborenen nachgewiesen, und sind am besten bei 5—10jährigen Kindern nach Behandlung mit H. Müller'scher Flüssigkeit, Alkohol, Carmin, Essigsäure, Nelkenöl, Canadabalsam aufzufinden (W. Krause).

Tonsillen.

Die Tonsillen setzen sich aus 10—20 Balgdrüsen zusammen, die wie diejenigen der Zungenwurzel (S. 191) gebaut sind. Ausserdem enthält die

× Waldeyer, Untersuchungen über die Entwickelung der Zähne, Königsberger med. Jahrbücher, 1864, — Zeitschr. f. rationelle Medicin 1865, Bd. 24.
Jones, Philosophical Transactions, vol. 146, 1856,
E. Neumann, Beitrag zur Kenntniss des normalen Zahnbein- und Knochengewebes, Leipzig, 1863.

Tonsille acinöse Drüsen, die tiefer und zwar an der peripherischen Wand der Balgdrüsen gelegen sind; ihre Ausführungsgänge münden in den Grund der Höhlungen, welche letzteren mit abgelösten Platten-Epithelien und Leukoblasten nebst Flüssigkeit und molecularen Körnchen gefüllt zu sein pflegen. Die Wandungen der Hohlräume tragen auf der Innenfläche längere einfache oder an der Spitze getheilte Papillen.

Unter letzteren verlaufen hier und da Nervenfasern; die Blutgefässe sind zahlreich; ebenso die Lymphgefässe der Follikel und letztere münden in ein dichtes, unter der peripherischen Wand der Balgdrüsen gelegenes Netz, das mit Lymphgefässstämmchen zusammenhängt.

Bei Raubthieren (Hund, Henle, 1860; Fuchs, W. Krause, 1861; Katze und Igel, Schmidt, 1863) kommt die Dicke der acinösen Drüsenschicht derjenigen der Balgdrüsen gleich, während bei Pflanzenfressern, sowie beim Schwein die Verhältnisse denjenigen des Menschen ähneln. Kälber, die Milch erhalten haben, zeigen constant bereits sehr deutliche Follikel (W. Krause, 1861); bei Nagern erscheinen die Tonsillen in ihrer einfachsten Form, nämlich wie eine grosse Zungenbalgdrüse.

Zunge.

Die Schleimhaut der Zunge ist mit der Musculatur durch straffe gekreuzte Bindegewebsbündel fest vereinigt, und an ihrer Oberfläche überall mit Papillen besetzt.

Die *Papillae filiformes* sind zuckerhutförmige oder etwas abgeplattet-kegelförmige Gebilde, welche an ihrer freien Oberfläche secundäre Papillen tragen. Doch gibt es kleinere, nur microscopisch sichtbare zwischen den übrigen, die einfache, oben abgerundete Kegel darstellen. An dem hinteren Theil des Zungenrückens, der keine mit freiem Auge sichtbare Papillen enthält, sind nur solche kleinere Papillae filiformes vorhanden. Stets werden dieselben von dem Platten-Epithel zwischen den macroscopischen Zungenpapillen überzogen, ohne dasselbe zu überragen, während die secundären Papillen der grösseren Papillae filiformes (Fig. 100) fädige Fortsätze tragen, die aus abgeplatteten verhornten und fast zwiebelschalenähnlich angeordneten Epithelzellen bestehen. Die betreffenden Zellen sind so übereinander gelagert, dass die obere die nächst untere mit ihrem unteren Rande überdeckt. In der Axe der Papillae filiformes erstrecken sich stärkere arterielle und venöse Capillaren. Jede secundäre Papille enthält eine Gefässschlinge; die nur microscopisch sichtbaren Papillae filiformes besitzen dagegen ein aus wenigen Maschen bestehendes Netz und am hinteren Theil der Zunge einfache Capillarschlingen.

Fig. 100.



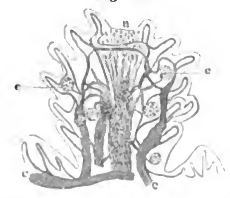
Papilla filiformis mit secundären Papillen, injicirten Blutgefässschlingen und vier langen haarförmigen Fortsätzen des Epithels, die aus platten Zellen bestehen. V. 100.

Weder die Papillae filiformes selbst, noch ihre secundären Papillen enthalten doppeltcontourirte Nervenfasern. Solche finden sich dagegen in nicht sehr grosser Anzahl unter der Basis dieser Papillen und endigen daselbst in rundlichen Endkolben (W. Krause, 1858).

Die *Papillae fungiformes* characterisiren sich durch bedeutendere Grösse und viel dünneren Epithelial-Ueberzug im Verhältniss zu den vorigen. Sie stellen rundliche oder conische Hügel dar, die mit zahlreichen zuckerhutförmigen secundären Papillen (Fig. 101) auf ihren Seitenabhängen, sowie auf ihrem Gipfel besetzt sind. Manche Papillae fungiformes haben eine mehr flache freie Oberfläche und die secundären Papillen stehen daselbst in grösseren

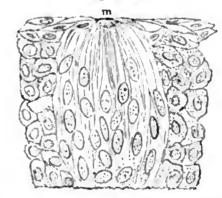
Abständen. Dies betrifft namentlich die an den Seitenrändern der Zunge sitzenden, die *Papillae lenticulares* genannt werden. Deren Epithel-Ueberzug

Fig. 101.



Papilla fungiformis vom Zungenrande, Blutgefässe injicirt, durch Einlegen in 3%ige Essigsäure ist das Epithel entfernt, die secundären Papillen mit ihren Gefässschlingen im Innern sind freigelegt. *c* stärkere Blutgefässe. *n* Nervenstämmchen mit feinen blassen Fasern und Geschmackskörnern, in die sie jedoch nur scheinbar im Holzschnitt übergehen, an der Stelle endigend, wo Geschmacksknospen gesessen haben. *e* Endkolben. V. 600/10.

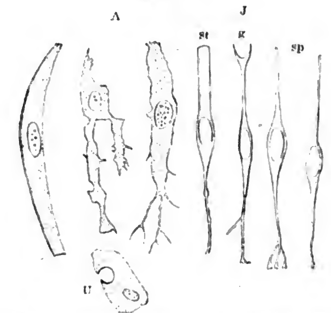
Fig. 102.



Geschmacksknospe von einer Papilla vallata in H. Müller'scher Flüssigkeit, nebst ihren umgebenden polygonalen Epithelien. Die Zellen sind in den Grenzsaum der Schleimhaut eingezahnt. *m* Mündung der Geschmacksknospe oder Geschmackspore. V. 600.

besteht zunächst aus einem mehrschichtigen Platten-Epithel, und es werden die tieferen Lagen des letzteren von kleineren polygonalen Stachelzellen gebildet. In diesem Epithel-Ueberzug, aber nur auf der Oberfläche der Papillae fungiformes und zwischen deren secundären Papillen, befinden sich constant eigenthümliche Apparate, die Geschmacksknospen, Geschmacksbecher, Schmeckbecher, Epithelknospen, Geschmackszwiebeln, Geschmackskolben, indem das Papillen-Epithel an diesen Stellen den Character eines Neuro-Epithels annimmt. Jede derselben stellt ein seiner Form nach am besten mit einer Rosenknospe (Fig. 102) zu vergleichendes System von länglichen Zellen dar. Deren Längsaxe ist stets senkrecht zur Epithel-Oberfläche gerichtet; die zusammensetzenden Zellen (Geschmackszellen) haben eine theils gerade, theils seitlich convexe Längsaxe. Unter diesen Zellen sind zunächst äussere und innere zu unterscheiden.

Fig. 103.



Zellen einer Geschmacksknospe in H. Müller'scher Flüssigkeit isolirt. *A* äussere Zellen, ihre centralen Enden sind theils verästelt, theils einfach, aber gezähnelt. *J* innere Zellen; die centralen Fortsätze endigen theils kolbig, theils verästeln sie sich, sind an ihrem Ende auch gezähnelt. *sp* zwei Spindelzellen. *g* Gabelzelle. *st* Stäbchenzelle, deren centraler Ausläufer varicös geworden. *U* polygonale Zelle in Flächenansicht, in welcher die Mündung der Geschmacksknospe sich befindet, die Umgebung dieser Mündung bei *U* ist uhrglasförmig aufgetrieben; seitlich davon liegt ein granulirter ovaler Kern. V. 1000.

Die *äusseren Zellen,* Deckzellen, Stützzellen, sind längliche, schmale, abgeplattete Zellen (Fig. 103, *A*), deren Längsaxe seitwärts convex, so dass

durch die concentrische Uebereinanderlagerung dieser Zellen hauptsächlich das Bild einer Knospe realisirt wird. Sie besitzen geriffte und mit Spitzen versehene Ränder und einen ovalen Kern in ihrer Mitte. Die nach der Mundhöhle hervorragenden Spitzen des oberflächlichen Endes vermögen das Bild eines feinen Häärchenkranzes am äusseren Ende der Geschmacksknospe hervorzubringen. Ihr centrales Ende ist durch kurze zackige Fortsätze in die darunterliegende Schleimhautgrenze eingezahnt, oder auch vielfach verästelt.

Die *inneren Zellen* (Fig. 103 *J*) sind sämmtlich sehr dünn im Verhältniss zu ihrer Länge, und haben in der Mitte einen ebenfalls ovalen Kern. Man unterscheidet drei Formen: Spindelzellen, Stäbchenzellen, Gabelzellen. Erstere sind die häufigsten, letztere die seltensten. Die centralen Ausläufer der inneren Zellen sind häufig getheilt; sie endigen mit kleinen kolbigen Verdickungen, die ebenso wie die äusseren Zellen eingezahnt sind. Die peripherischen Ausläufer sind cylindrisch und dünn an den *Spindelzellen* (Fig. 103. *sp*); nach unvorsichtiger Behandlung können sie (Stiftchenzellen) aus dem peripherischen Ende der Geschmacksknospe hervorragen und einen Kranz bilden, der nicht mit demjenigen der äusseren Zellen zu verwechseln ist: letzterer besteht aus viel feineren Spitzchen. Die *Stäbchenzellen* (Fig. 103 *st*) haben weit dickere peripherische Ausläufer als die Spindelzellen; bei den *Gabelzellen* (Fig. 103 *g*) ist das peripherische Ende in zwei feine Ausläufer getheilt.

Das peripherische Ende der Geschmacksknospen wird von den polygonalen Zellen des Platten-Epithels der Papillen überlagert, welche auch den convexen Seitenmantel überall umgeben. Das äusserste Ende communicirt mit der Mundhöhle durch eine feine runde Oeffnung von 0,003—0,004 Durchmesser. Diese Oeffnung, *Geschmackspore*, liegt seltener an der Stelle, wo drei Epithelialzellen mit ihren Ecken an einander stossen: gewöhnlich ist eine Zelle an einer Stelle ihres Randes mit einer rundlichen ausgebrochenen Lücke (Fig. 103, *U*) versehen. In beiden Fällen findet eine Uhrglas-förmige, flache Vorwölbung der betreffenden oberflächlichsten Zellen nach der Mundhöhle hin statt. Häufig ist auch ein kurzer, etwas spiralig gekrümmter Kanal vorhanden, der von den inneren Zellen der Geschmacksknospe nach der Mundhöhle führt, insofern mehrere Lagen platter Zellen die Knospe noch überdecken.

Uebergänge zwischen den geschilderten verschiedenartigen Formen finden sich weder zwischen den äusseren Zellen der Geschmacksknospen und dem umgebenden Platten-Epithel, noch zwischen den äusseren und inneren Zellen, noch zwischen den Spindel-, Stäbchen- und Gabelzellen unter einander.

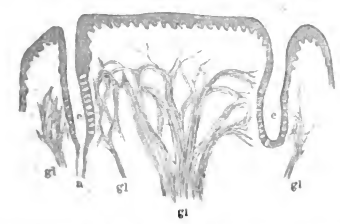
Stärkere arterielle und venöse Blutgefäss-Capillaren verlaufen in der Umgebung der Papillenaxe und senden in jede secundäre Papille eine Capillarschlinge; ausserdem sind im Gewebe selbst Maschennetze vorhanden. — Die Nerven treten als Stämmchen doppeltcontourirter Fasern in die Axe der Papillae fungiformes. Sie fahren in einzelne Nervenfasern aus einander, die zum Theil mit Endkolben (Fig. 101, *e*) aufhören. Dieselben liegen an den Seitenflächen der Papillae fungiformes unterhalb der secundären Papillen. Die Nervenfasern, welche in der Axe verlaufen, gehen in blasse Endfasern über, lösen sich pinselförmig in eine granulirte Masse auf, welche aus Neurilem, dessen Kernen und zahlreichen rundlichen Körnern, *Geschmackskörnern* (Fig. 101, *n*) besteht, die kuglige Kerne mit sehr wenig umgebendem Zellenprotoplasma darstellen und an die inneren Deckzellen des akustischen Endapparates (S. 132), sowie die (inneren) Körner der Retina (S. 163) erinnern. Die blassen Nervenfasern endigen mit ganz kleinen Endanschwellungen, soweit sich beim Menschen verfolgen liess, dicht unterhalb der inneren Zellen der Geschmacksknospen, ohne mit denselben in continuirlicher Verbindung zu stehen.

Die *Papillae conicae* sind zwar im Ganzen von demselben feineren Bau wie die Papillae fungiformes; bieten jedoch folgende wesentliche Unterschiede. Ihr Epithelüberzug ist nämlich dicker und mehr nach Art der Fili-

formes geschichtet. Auf der peripherischen Oberfläche fehlen die Geschmacksknospen und sämmtliche Nervenfasern, soweit sie zu verfolgen sind, hören mit Endkolben auf.

Die *Papillae vallatae* sind auf ihrer freien Oberfläche, sowie auf derjenigen ihres umgebenden Ringwalles mit secundären Papillen versehen. Ihr Epithel verhält sich wie das der Papillae fungiformes. An den glatten Seitenrändern in der Tiefe des Ringgrabens, wie auch am Abhange des gegenüber liegenden Walles stehen dicht gedrängte Geschmacksknospen (Fig. 104 *e*), von einander nur durch wenige Platten-Epithelien getrennt. Die Anzahl derselben mag für eine Papille incl. Wall 2500 betragen.

Fig. 104.



Papilla vallata auf dem senkrechten Durchschnitt, nebst dem umgebenden Wall. In der Furche mündet einerseits der Ausführungsgang *a* einer acinösen Schleimdrüse. Die Oberfläche ist mit secundären Papillen besetzt, die in das bedeckende Epithel hineinragen; seitlich sind statt der Papillen Geschmacksknospen *e* vorhanden. *gl* Nervenstämmchen des N. glossopharyngeus. V. 80/15.

Die Blutgefässe verhalten sich wie in den Fungiformes; jede secundäre Papille erhält eine Gefässschlinge. — Die Nerven sind 0,15 Mm. starke Zweige des N. glossopharyngeus. Sie führen einzelne blasse Nervenfasern und bilden im Centrum der Papille ein aus dickeren gegen die peripherische Oberfläche aufsteigenden Stämmchen (Fig. 104 *gl*) zusammengesetztes Netz. Feinere Aeste wiederholen eine ähnliche spitzwinklige Maschenbildung; isolirte Fasern theilen sich mitunter dichotomisch (W. Krause, 1863); dann verlieren die meisten Fasern der Stämmchen ihre doppelten Contouren und setzen sich als dünne Aestchen fort, die aus blassen Endfasern bestehen. Sie biegen sich gegen die Seitenregionen, wo die Geschmacksknospen sitzen, um, und nur wenige, zugleich stärkere, doppeltcontourirte Nervenfasern hören unterhalb der secundären Papillen der freien Oberfläche oder in der Spitze der letzteren mit Endkolben auf. Die blassen Stämmchen lösen sich in einer an Geschmackskörnern reichen Schicht auf und endigen wie in den Papillae fungiformes. Sehr analoges Verhalten bieten auch die Nervenfasern in dem Aussenwall der Papillae vallatae.

Eine im Ganzen ähnliche Anordnung, wie die Nerven der Papillae vallatae, zeigen darin enthaltene stärkere Bindegewebsbündel, die in feine, gegen die Oberfläche ausstrahlende und durch ihre Resistenz sich mehr dem elastischen Gewebe anschliessende Faserbündel und Fasern übergehen. Sie scheinen ihrer Wirkung nach den senkrecht verlaufenden quergestreiften Muskelfasern der Zunge als sehnige Ausläufer anzugehören, wonach die Papillae vallatae ein wenig eingestülpt werden können, was die Aufnahme schmeckbarer Substanzen in die Geschmacksknospen befördern dürfte. Aehnliche Anordnung beobachtet man in den Papillae fungiformes und conicae, welche ausserdem reichliche Mengen gewöhnlicher elastischer Fasern enthalten, die auch den Papillae filiformes zukommen, wogegen sie in den Vallatis mehr zurücktreten.

Fig. 105.



Fimbriae linguae vom rechten Seitenrande der Zunge, von aussen her gesehen; am Rande der Spalten sitzen grössere rundliche Papillae fungiformes. *r* Papillae filiformes am Rücken der Zunge. *u* Unterfläche der Zunge. *gl* Anfang des Arcus glossopalatinus. Natürliche Grösse.

Die *Fimbriae linguae* (Fig. 105) s. Papilla foliata, haben glatte, mit zahlreichen Geschmacksknospen besetzte Wände. Im Grunde der Spalten, durch die das Organ charakterisirt ist, münden viele Ausführungsgänge acinöser Drüsen. — Die am Rande der Spalten hier und da vertheilten Papillae lenticulares (S. 187) verhalten sich wie die übrigen dieser Art.

Dicke Nervenstämmchen des N. glossopharyngeus treten unter die betreffenden Geschmacksknospen und endigen in der von den Papillae fungiformes beschriebenen Weise, während einzelne einfach-sensible Nerven mit Endkolben aufhören.

Leydig (1851) hat zuerst bei Fischen *becherförmige Organe* beschrieben, welche mit den Geschmacksknospen identisch sind. Bei Säugethieren wurden letztere von Lovén (1867) und Schwalbe (1867) unabhängig aufgefunden. Die Gabelzellen unterschied W. Krause (1870) beim Menschen; Ditlevsen (1872) bei Säugethieren; beim Frosch sind sie zahlreicher (Engelmann, 1867) auf dessen Papillae fungiformes und haben längere Zinken. Hier sind jedoch keine Geschmacksknospen (und auch keine Papillae vallatae, wohl aber filiformes) vorhanden, sondern das Epithel des peripherischen Endes dieser Papillae fungiformes stellt eine flache Schale oder Geschmacksscheibe dar, zu welcher ein Nervenstämmchen herantritt. In dem ersteren sind wahrscheinlich die Homologa der äusseren und inneren Zellen innig gemischt, wenigstens kommen ausser Cylinderzellen und Gabelzellen noch dickere Kelchzellen vor; erstere sind den Stäbchenzellen, letztere den äusseren Zellen der menschlichen Geschmacksknospen zu parallelisiren. — In den Papillae fungiformes der Ratte ist stets nur Eine Geschmacksknospe vorhanden; das zutretende Stämmchen doppeltcontourirter Nervenfasern wird von einem Gefässschlingenmaschennetz umgeben, wie beim Frosch. Da becherförmige Organe auch in der äusseren Haut von Fischen und Kaulquappen vorkommen und da es (W. Krause, 1861) ungewiss ist, ob der Frosch, der chitingepanzerte Insectenleiber unversehrt verschlingt, überhaupt wahre Geschmacksempfindung haben kann, so ist die Deutung der inneren Zellen als Nerven-Endapparate zweifelhaft. Anatomisch lässt sich jedoch, was die Fische betrifft, dafür anführen, dass im Gaumen der Karpfen, woselbst Geschmacksknospen sehr zahlreich sind, die marklosen nervösen Endfibrillen durch die Spitze der Papillen hindurchtreten und mit dem unteren Ende der inneren, hier ausschliesslich spindelförmigen Zellen im Zusammenhange gesehen wurden. Auch bei Selachiern, Rochen und Haien kommen Geschmacksknospen auf der Mundhöhlenschleimhaut, und zwar in zwei Formen, als Geschmacksglocken und Geschmackskelche, vor. Erstere enthalten Stäbchenzellen, letztere solche und Kegelzellen, ausserdem drei Formen von äusseren Zellen. Jene beiden Zellenarten stehen wahrscheinlich mit Nervenfasern im Zusammenhang (Todaro, 1872). — Der bittere Geschmack, den Kranke nach 2—3 Minuten empfinden, denen Tanninlösung an den Muttermund applicirt (Sims, 1866) oder nach wenigen Secunden, wenn Morphium-Lösung in das Unterhautbindegewebe injicirt (Beigel, 1866) wird, scheint unabhängig von den Geschmacksknospen zur Wahrnehmung zu kommen. Jedenfalls aber dienen die letzteren als Zuleitungsapparate für die Enden der Geschmacksnerven des Menschen und der Säugethiere; auch findet man die Oeffnungen beim Menschen mit Mundhöhlen-Inhalt gefüllt. — Bei Säugethieren: Fledermaus, Hund, Katze, Igel, Wiesel, Maulwurf, Hase, Kaninchen, Eichhörnchen, Meerschweinchen, Ratte, Wühlmaus, Maus, Rind, Schaf, Ziege, Reh, Gemse, Schwein, Pferd, sind sie an den Papillae vallatae resp. fungiformes nachgewiesen; auf letzteren, sowie auf der freien Oberfläche der ersteren sind sie kleiner. Auf der genannten Oberfläche kommen sie einzeln vor, sind jedoch nicht constant beim Menschen. Hund, Katze, Wiesel, Maulwurf, Eichhörnchen, Wühlmaus, Maus, Rind, Schaf, Ziege, Gemse, Schwein (Hönigschmied, 1872 u. 1873). — Während sich die Geschmacksknospen an Osmiumsäure-Präparaten durch helleres Aussehen hervorheben, färben sich ihre inneren Zellen, wie die zutretenden Nervenfasern, mit Goldchlorid zuweilen dunkel (Hönigschmied, 1873, bei der Katze).

Nach dem Vorkommen der Geschmacksknospen zu urtheilen, welches mit der Ausbreitung des N. glossopharyngeus so ziemlich zusammenfällt, ist der letztere der einzige Geschmacksnerv. Als Geschmacksflächen sind nach diesem Gesichtspunkte zu bezeichnen: die Papillae fungiformes am Seitenrande und an der Spitze der Zunge, die Fimbriae linguae, die Papillae vallatae, die Vorderfläche des weichen Gaumens und die Hinterfläche der Epiglottis. Letztere hat sehr zahlreiche Geschmacksknospen (S. 198), und hier dürften die intensiven Empfindungen des sog. Nachgeschmacks ihre anatomische Basis (W. Krause, 1870) haben. Analoge Verhältnisse sind bei den Säugethieren, soweit sie untersucht worden, zu erkennen, namentlich das Schwein bietet denen des Menschen sehr ähnliche Verhältnisse: die Papillae conicae und fungiformes sind bei diesem Thiere scharf unterschieden; vallatae nur zwei vorhanden. — Die Vögel besitzen in den Papillen des Seitenrandes der Zunge eigenthümliche sensible Nerven-Endapparate: die *Tastkolben* (W. Krause mit Bilder, 1870). — Die von Letzerich (1868) beschriebenen nervösen Blasen, welche Nervenendkörperchen enthalten sollen, sind Kunstproducte. — Nicht nur an Präparaten, die in H. Müller'scher Flüssigkeit gehärtet wurden, sondern auch mit Hülfe von Maceration in 5% molybdänsaurem Ammoniak kann man die beschriebenen Formen der inneren Zellen in den Geschmacksknospen wahrnehmen, und die inneren Zellen selbst aus der frischen Geschmacksknospe zuweilen durch Druck auspressen.

Theilt man die Zungenpapillen nach ihrer Function ein, so sind die Filiformes und Conicae Tastpapillen, die Fungiformes und Vallatae Geschmackspapillen. Letztere Papillenart, sowie Epiglottis und Fimbriae linguae werden vom N. glossopharyngeus direct versorgt; die Seitenränder der Zunge bekommen auch dergleichen Aestchen, aber für die Papillae fungiformes der Zungenspitze muss entweder angenommen werden, dass die Fasern des N. glossopharyngeus auf der Bahn des N. tympanicus durch den N. petrosus superficialis minor zum N. facialis und von diesem als Chorda tympani zur Zunge gelangen (W. Krause, 1870), oder dass die Portio intermedia zwischen N. acusticus und facialis auch Geschmacksnervenfasern führt, die in der Bahn des N. facialis zum Ganglion geniculi, von diesem durch die Chorda tympani zum R. lingualis N. trigemini verlaufen (Lussana, 1872).

Uebergänge der Papillenarten unter einander betreffen das Grösserwerden der Filiformes, die sich den Conicae nähern; das Kleinerwerden oder Grösserwerden der Fungiformes, deren Wurzel in einer umwallten Grube sich befinden kann, wodurch eine anscheinende Vermehrung der Vallatae bis auf 20, oder eine Verminderung ihrer Zahl auf 3 bedingt wird.

Der Epithel-Ueberzug der Zunge bietet in Folge von Krankheiten und verschiedenen Todesursachen, ferner in Folge der Maceration und Fäulniss, der Ueberlagerung mit aus dem Magen oder aus den Luftwegen stammenden Massen mancherlei Abnormitäten dar, die gewöhnlich darauf hinauslaufen, dass die beschriebenen Unterschiede der einzelnen Papillen-Arten sich verwischen. Es ist daher nothwendig, die Zunge unmittelbar nach dem Tode zu untersuchen. Sehr häufig sind grössere Mengen eines unter dem Namen Leptothrix buccalis bekannten Pilzes vorhanden, den man in geringerer Menge zu den normalen Vorkommnissen rechnen darf; ferner feinkörnige Pilzmassen, die sich den Epithelzellen auflagern.

Die *Fimbriae linguae* wurden von Albin (Annot. acad. Lib. I. Leid. 1751. S. 58) als Papillae degenerantes posteriores beschrieben. E. H. Weber hat sie nicht unterschieden, was man (Handb. d. Lehre v. d. Geweben. 1869. S. 373) nach dem Wallach'schen Referat (Canstatt's Jahresber. f. 1843. S. 36) irrthümlich angegeben hat. Dagegen wurden sie durch Rapp (1832) beim Menschen resp. Säugethieren und von F. J. C. Mayer (Neue Unters. aus d. Gebiete der Anat. u. Physiol. 1842. S. 25. Fig. 4) zuerst unter dem Namen: Papilla foliata als eigenthümliches Organ erkannt. Besonders schön ausgebildet sind sie beim Kaninchen, woselbst ihre Geschmacksknospen durch v. Wyss und Engelmann (1869), beim Menschen von W. Krause (1870) entdeckt, und an letzterem Orte von Ajtai (1872) bestätigt, auch beim Pferd und Hund aufgefunden wurden. Sie kommen daselbst ferner beim Schwein, Eichhörnchen, Ratte (v. Wyss) und beim Meerschweinchen, Hasen, Wühlmaus, Maus, Fledermaus vor (Hönigsschmied, 1872—1873). — Zuweilen finden sich beim Menschen an den Fimbriae isolirte microscopische Papillen, welche an ihrer Spitze eine Geschmacksknospe tragen (v. Ebner, 1873).

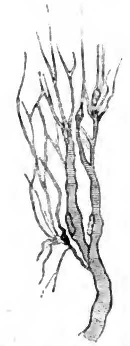
Die Unterzungenschleimhaut begreift sowohl diejenige der unteren Zungenfläche als die des Bodens der Mundhöhle in sich; beide sind über-

einstimmend gebaut, gehen durch Falten (Frenulum linguae) in einander über, besitzen, wie die letzteren, niedrige, im Epithel vergrabene Papillen, eine lockere, Fettzellen-haltige Submucosa mit zahlreichen elastischen Fasern; ihre doppelt-contourirten Nervenfasern endigen mit Endkolben unterhalb der Papillenbasis.

Die Muskelfasern der Zunge zeichnen sich dadurch aus, dass ihre gegen die Zungen-Oberfläche gerichteten, in festem, öfters fettreichen Bindegewebe sich verlierenden Enden hier und da Theilungen (Fig. 106) darbieten. Da deren Blutgefässcapillaren, wie gewöhnlich, mit der Längsrichtung ihrer Maschen dem Muskelfaserverlauf (Bd. II) folgen, so stellt sich letzterer an injicirten Präparaten zierlich dar. — Das *Septum linguae* besteht aus gewöhnlichem straffasrigen Bindegewebe, meistens mit Fettzellengruppen ausgestattet; ebenso das Perimysium externum in der Gegend der Zungenwurzel.

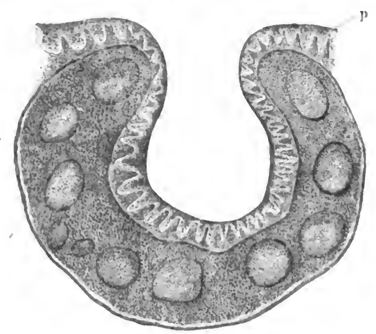
Von Drüsen besitzt die Zunge acinöse *Gl. linguales*, die sich im Allgemeinen wie die übrigen Schleimdrüsen der Mundhöhle verhalten. Doch sind diejenigen, welche in die Vertiefungen der Fimbriae linguae sowie innerhalb des Walles der Papillae vallatae münden und für das freie Auge durch ihre weissliche Farbe auffallen (seröse Drüsen, v. Ebner, 1873), kleiner, haben weniger zahlreiche kleinere Acini mit engerem Lumen, und deren Membrana propria ist zarter, ohne ansitzende multipolare Zellen. Das Epithel der Ausführungsgänge hat höhere Cylinder, flimmert mitunter; dasjenige der Acini besteht aus trüberen, grobkörnigen Zellen: die glänzenden Körnchen sind kein Fett. Die Drüsenzellen besitzen keine Basalfortsätze; ihr Protoplasma färbt sich intensiver durch Carmin, weniger intensiv durch Hämatoxylin als dasjenige in den übrigen Gl. linguales und zeigt keine Mucin-Reaction nach Essigsäure-Zusatz.

Fig. 106.



Getheilte und verästelte quergestreifte Muskelfaser aus der Froschzunge auf dem senkrechten Durchschnitt der letzteren, mit elastischen Fasern im Zusammenhang. Holzessig-Präparat. V. 300.

Fig. 107.



Balgdrüse der Zungenwurzel auf dem senkrechten Durchschnitt. Chromsäure, Alkohol; Hämatoxylin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 30. *p* Papillen der Schleimhaut, die sich in das Lumen der Balgdrüse einstülpt. In der Wandung der letzteren sieht man isolirte Lymphfollikel.

Ausserdem besitzt die Zunge *Balgdrüsen der Zungenwurzel*, welche dem Lymphgefässsystem zugehören. Es sind Einstülpungen der Schleimhaut, die einem halbkugelförmigen Balge mit doppelter Wandung und engerem linsenförmigen Lumen angehören, welches letztere durch eine Ausführungsmündung mit der freien Schleimhautoberfläche communicirt (Fig. 107). Die ein-

gestülpte Schleimhaut ist mit kegelförmigen, nicht sehr langen einfachen Papillen besetzt, die jede eine Blutgefässschlinge enthalten. Das innere Blatt der Doppelwand wird von der Schleimhaut selbst gebildet, das äussere ist eine stärkere bindegewebige Hülle: der Raum zwischen beiden der Submucosa homolog und enthält eine Anzahl von ca. 50—100 kugligen Lymphfollikeln, deren Bau der gewöhnliche (S. Gefässsystem). Tiefer als die äussere Wand der Balgdrüsen und meist an der Peripherie der letzteren sind die *Gl. linguales posteriores* gelegen, deren Ausführungsgänge, die Doppelwand schräg durchbohrend, mit trichterförmiger Mündung ihr Secret in das Lumen der Balgdrüse ergiessen. — Eine *zweite kleinere Art von Balgdrüsen* (Fig. 108) sitzt zwischen den übrigen zerstreut, deren Höhlung auf dem Boden eine etwas grössere eiförmige Papille enthält: ähnlich dem Centralberg eines Mondkraters. Dieselbe ist keine Geschmackspapille; sie hat Platten-Epithel, enthält nur Blutgefässe und reticuläres Bindegewebe mit zahlreichen Lymphkörperchen infiltrirt. — Die Blutgefässe der Balgdrüsen verlaufen als stärkere arterielle und venöse Aestchen zwischen den Lymphfollikeln senkrecht zur Schleimhautfläche der letzteren und den Follikeln ihre Aestchen zusendend.

Fig. 108.

Kleine Balgdrüse der Zungenwurzel, mit einer Papille auf ihrem Grunde, die von einer Fortsetzung des Epithels überzogen ist. *p* Papillen der Oberfläche. Chromsäure. Alkohol; senkrechter Durchschnitt, Hämatoxylin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 30.

Solitäre Lymphfollikel sitzen hier und da unter der Schleimhaut der Zungenwurzel, namentlich an der Basis der Papillae vallatae zerstreut.

Was die Blutgefässe der Zunge betrifft, so verlaufen die feineren Arterien und Venen etwas geschlängelt; sie erstrecken sich mit ihren Zweigen hauptsächlich in sagittaler Richtung unterhalb der Papillen und senden senkrecht aufsteigende Aestchen resp. Capillaren in letztere.

Die Lymphgefässe der Zunge bilden ein Netz im straffen submucösen Gewebe; die Schleimhaut selbst besitzt wenige dergleichen, die durch quere Aestchen mit den ersteren zusammenhängen. Unter der Basis der Papillae filiformes liegt ein Lymphgefässplexus, aus welchem nahe der Axe verlaufende, kolbig endigende Gefässe in die Papillen hinaufsteigen; die Papillae conicae und filiformes enthalten einen solchen in ihrer unteren Parthie; bei den Papillae vallatae finden sich den Aussenwall umgebende Netze, ebenso in den Papillen selbst, worin die Hauptstämmchen eine mehr circuläre Richtung einhalten, da die Papillenaxe, wie bei den Fungiformes, von Nervenstämmchen u. s. w. eingenommen wird. — Die Balgdrüsen haben eine reichliche Lymphgefässverzweigung an ihrer äusseren Hülle; die letztere wird von Lymphcapillaren durchbohrt und die Oberfläche der Lymphfollikel von einem engmaschigeren Gefässnetz bedeckt. Die Mündung der Balgdrüsen wird kranzförmig von Lymphgefässnetzen umgeben (Teichmann, 1861). — Lymphgefässe der Schleimdrüsen sind nicht bekannt.

Die Nerven der Zunge, mit Ausnahme des Hypoglossus, sind mit microscopischen *Ganglien* ausgestattet, die sich namentlich auch an den feineren Zweigen finden und bei den Papillae vallatae bis unter deren Basis sich erstrecken. An den Aesten des Glossopharyngeus sind sie weit häufiger, als am R. lingualis N. trigemini.

Das *Foramen coecum* besitzt Platten-Epithel und niedrige Papillen auf seiner Wandung; es nimmt die Mündungen acinöser Schleimdrüsen, Gl. linguales posteriores, auf. Aus seinem Grunde erhebt sich meist eine macroscopische, keulenförmige, mehrere Mm. lange Papille, die keine Geschmackspapille darstellt, sondern ebenfalls mit Platten-Epithel überkleidet ist. In

ihrer Basis und Axe enthält sie netzförmiges, mit zahlreichen Lymphkörperchen infiltrirtes Bindegewebe.

Auch in der Froschzunge kommen einzelne Ganglienzellen vor (Axel Key, 1863, W. Krause), die es, beiläufig bemerkt, bedenklich machen, gerade dies Organ zu Experimenten über Entzündung zu benutzen. — Mitunter (bei $24^0/_0$) führt das Foramen coecum in einen bis 31 Mm. langen, sich rückwärts erstreckenden und auch wohl theilenden Canalis excretorius linguae, dessen Wandung, wie auch die Ausführungsgänge der einmündenden acinösen Drüsen, cylindrisches Flimmer-Epithel besitzen (Bochdalek, 1866).

Speicheldrüsen.

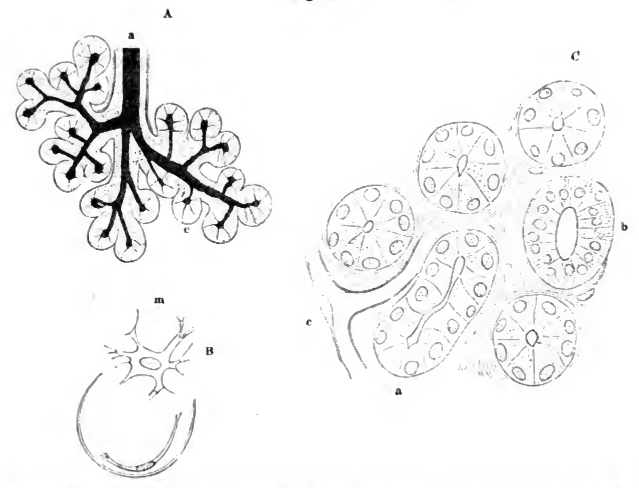
Die Ausführungsgänge der Speicheldrüsen: *Ductus parotideus* s. Stenonianus, *Ductus submaxillaris* s. Whartonianus, *Ductus sublingualis major* s. Bartholinianus und die *Ductus sublinguales minores* s. Riviniani, bestehen sämmtlich aus Bindegewebe mit elastischen Fasernetzen und einem einfachen Cylinder-Epithel, dessen Zellen in ihrem nach dem feingezähnelten Basalsaum der Gänge hin gelegenen Theile längsstreifiges Protoplasma besitzen und mit ausgefaserter Basis in erstere eingezahnt sind. Die Kerne sind ellipsoidisch, mit Kernkörperchen versehen, ihre Längsaxen senkrecht zur Oberfläche der Gänge gestellt. Der Ductus parotideus hat reichlichere in der innersten Schicht querlaufende, der Ductus submaxillaris mehr längsgestellte elastische Fasern; glatte Muskelfasern besitzt nur der letztere in Form von einzelnen kleinen längslaufenden und anastomosirenden Bündeln.

Die Ausführungsgänge theilen sich im Innern der Drüse fortgesetzt dichotomisch, seltener trichotomisch (Fig. 109, *A*), unter rechtem oder stumpfem Winkel, werden immer feiner und ihre Wandung dünner, während ihre Epithellage dieselbe bleibt. Ihre letzten, mit den Acini in Verbindung stehenden Aestchen zeichnen sich durch grössere Feinheit vor den vorhergehenden aus; ihre Epithelien werden niedriger, in der Parotis langgestreckt, mehr spindelförmig; in den übrigen Speicheldrüsen erst niedrig, cubisch, dann langgestreckt und reichen in die Mündungen der ansitzenden *Acini* hinein. Die Epithelialzellen der letzteren sind pyramidenförmig, ihr Protoplasma hell mit einzelnen feinen Körnchen, es trübt sich durch Essigsäure — enthält also Mucin —, ebenso durch verdünnte Mineralsäuren, concentrirte Phosphorsäure; färbt sich nicht oder nur wenig durch ammoniakalische Carminlösung. An einer Ecke ihrer polygonalen Peripherie geht die Basis der Zelle, welcher der einfache, rundliche, abgeplattete Zellenkern näher sitzt, in einen hakenförmig gekrümmten, der Wand anliegenden, stärker lichtbrechenden, mit Carmin sich färbenden Basalfortsatz über, wie er auch in anderen Drüsen vorkommt (Fig. 22, S. 36). Ausserdem enthalten die Acini vielstrahlige, platte, der Wandung dicht anliegende Stützzellen.

Von dem geschilderten Verhalten weicht die Gl. parotis insofern ab, dass der Inhalt ihrer Acini sich in Essigsäure etc. nicht trübt, also kein Mucin enthält; zugleich ist das Protoplasma ihrer Zellen mehr körnig und letztere erscheinen deshalb in der frischen Drüse weniger scharf gegen einander abgegrenzt. Einzelne, denen der Parotis gleichende Zellen enthalten auch manche Acini der übrigen Speicheldrüsen.

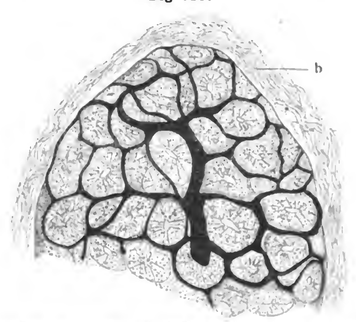
Mit denen der letzteren stimmen die Epithelialzellen der meisten (S. 191) kleinen Schleimdrüsen der Mundhöhle in ihrem chemischen Verhalten überein; das Secret jener kann daher mit Recht als schleimig bezeichnet werden. Es enthält einzelne, auch in den gemischten Mundspeichel übergeführt werdende Leukoblasten, Schleimkörperchen, die wahrscheinlich ausgewanderte weisse Blutkörperchen sind und, so lange sie nicht durch Wasseraufnahme aufquellen, amöboide Bewegungen darbieten. Beim Hunde kommen ausserdem in Zerfall begriffene, mit Vacuolen (Heidenhain, 1868) versehene vor: beim Kaninchen fehlen Leukoblasten dem Secret der Submaxillardrüse ganz und gar. In experimentell zur Speichelabsonderung veranlassten Drüsen finden sich statt der hellen Zellen viele kleinere, körnig und trübe aussehende, die sich mit Carmin stärker färben. Ausserdem kommen optisch und chemisch ähnlich sich verhaltende Zellenmassen in der Submaxillaris des Hundes als schmale, nach der Form der Acinus-Wandung gekrümmte, zwischen derselben und dem Epithel gelegene, mit mehreren kleinen Kernen versehene Halbmonde (Gianuzzi, 1865) vor. Dieselben zeigen sich in der Sublingualis des Kaninchens (Pflüger, 1869), in der Submaxillaris des Rindes (Kölliker, 1867), während sie in derselben Drüse bei der Katze (Heidenhain, 1866) fast die ganze Acinus-Peripherie einnehmen und auch in der Gl. sublingualis die

Fig. 109.



A Ein kleinstes Läppchen der Gl. submaxillaris, vom Ductus submaxillaris s. Whartonianus aus mit Leim oder Berlinerblau injicirt, Alkohol. V. 300/120. *a* Ausführungsgang; beispielsweise bei *c* haben sich die Speichelcapillaren theilweise gefüllt. — *B* Aus der Gl. submaxillaris nach dreitägigem Einlegen in 5%iges molybdänsaures Ammoniak. V. 1000/500. Membran eines Acinus, welcher inwendig eine multipolare Stützzelle anliegt, die hier in Profilansicht sichelförmig erscheint. *m* Ebensolche Zelle von der Fläche gesehen. — *C* Aus der Gl. submaxillaris, Alkohol, Carmin, Essigsäure, Glycerin. V. 600/350. Vier Acini von rundlicher Form mit ihren pyramidenförmigen Epithelzellen. *a* Acinus von länglicher Gestalt, der Länge nach durchschnitten. *b* Feiner Ausführungsgang auf dem Querschnitt mit cylindrischen Zellen, deren basale Enden längsgestreift sind. *c* Capillargefäss.

Fig. 110.



Läppchen des Pancreas. Blutgefässe injicirt; Chromsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 300. *b* Bindegewebige Hülle des Läppchens.

Zellen mit hellem Protoplasma zum Theil verdrängen. Diese Formen werden als Ersatzzellen betrachtet (Heidenhain, 1866; W. Krause, 1870), deren Protoplasma von einander unvollständig gesondert ist. — Nach Einführung von Alizarinnatrium bei lebenden Hunden färbten sich die Epithelialzellen der Gl. parotis und submaxillaris gelblich (wie die Muskeln, S. 86): die Drüsenzellen reagiren mithin sauer (Lieberkühn, 1874). — Feinere Aeste der Ausführungsgänge werden zuweilen als Speichelröhren, die Interstitien zwischen den Pyramidenzellen als Speichelcapillaren (S. 37) bezeichnet. — Die structurlose Membran der Acini lässt sich durch Maceration der Drüse in 5%igem molybdänsauren Ammoniak und nachträglicher Behandlung mit 40%iger Eichengerbsäure oder 20%iger Pyrogallussäure färben (W. Krause, 1870).

Die stärkeren Blutgefässe der Speicheldrüsen verlaufen mit den Ausführungsgängen, theilen sich so wie letztere, ihre Capillaren umspinnen mit polygonalen Maschen wie im Pancreas (Fig. 110) die Acini. — Die Lymphgefässe verlaufen als stärkere klappenführende Stämmchen im lockeren Bindegewebe nach dem Hilus der Läppchen. Im Innern der letzteren liegen mit sternförmigen platten Inoblasten an ihrer Begrenzung versehene Lymphspalten. — Ueber die Nerven und Ganglien der Speicheldrüsen s. Nervensystem.

Nach Heidenhain (1866) enthält das lockere Bindegewebe zwischen den Acini der Gl. sublingualis bei der Katze zahlreiche Lymphkörperchen; nach Gianuzzi (1865) umgeben Lymphspalten auch hohlkugelähnlich die Acini selbst in der Submaxillaris des Hundes. v. Brunn (1874) fand in der bindegewebigen Zwischensubstanz der letzteren Drüse beim Rinde ähnliche Zellen, wie sie die analoge Substanz des Hodens und der Mamma (S. diese u. Blutgefässsystem) zeigt.

Athmungsorgane.

Kehlkopf.

Die Knorpel des Larynx sind theils hyaline, theils elastische. Zu ersteren gehören die Cartil. thyreoida, cricoidea und arytaenoidea, letztere zum Theil; sie haben an den Oberflächen abgeplattete Knorpelkörperchen. mehr in der Tiefe dicht gedrängte secundäre Knorpelkapseln, beide mit Fetttropfen. Im innersten Theile der Knorpel, ihrer Dicke nach, erscheinen secundäre und einfache rundliche Knorpelkörperchen gemischt; sie stehen theils weiter von einander, theils zu grösseren Gruppen angeordnet, und die hyaline Grundsubstanz überwiegt; hier und da ist die letztere streifig resp. fasrig und die Längsrichtung der Faserung vorwiegend senkrecht zur Oberfläche. An der medianen vorderen Kante der Cartil. thyreoidea, woselbst die Laminae dextra und sinistra zusammenstossen, sind die Körperchen ebenfalls kleiner, länglich, mehr senkrecht zur Oberfläche gestellt, und jene Kante zeigt in der Dicke des sie bildenden verticalen Knorpelstreifens horizontale Faserung. Alle übrigen Kehlkopfsknorpel sind elastische, ebenso auch die Spitze und der Processus vocalis Cartil. arytaenoideae. Die Cartilag. santorinianae enthalten mitunter in ihrem unteren Theile einen durchsichtigeren Axenstrang, dessen Axe wiederum von dichtgedrängten Knorpelkörperchen eingenommen wird und daher dunkler ist. Auf dem Querschnitt strahlen radiäre elastische Faserzüge mit zwischengelagerten Knorpelzellen davon aus und sind in eine homogene gallertartige Grundsubstanz eingelagert. — Das Perichondrium ist dick, besteht aus Bindegewebe mit elastischen Fasern, enthält die Blutgefässe.

Die *Articulatio crico-thyreoidea* wird zuweilen durch eine *Synchondrosis crico-thyreoidea* ersetzt. Wenn erstere vorhanden, so sind die Zellen des Hyalinknorpels wie an der Articulatio crico-arytaenoidea geordnet und beschaffen; die ligamentöse Verbindung der beiden Knorpel enthält an den Ansatzstellen rundliche Knorpelkörperchen eingelagert. — Andernfalls stellen sich die Knorpeloberflächen an der für das freie Auge glatt erscheinenden gekrümmten Verbindungsfläche uneben dar: in die hyaline Grundsubstanz greifen bindegewebige Faserzüge ein, die senkrecht gegen die Knorpeloberfläche verlaufen, an dieser bogenförmig sich krümmen, unter einander verflechten und in den Hyalinknorpel hineinstrahlen.

Articulatio crico-arytaenoidea. Dieselbe hat an den Oberflächen beider sie constituirenden Knorpel den ersteren parallel gelagerte, abgeplattete Knorpelkörperchen, in der Tiefe viele secundäre rundliche Knorpelkapseln. Die Ligg. crico-arytaenoidea capsularia sind von Endothel bedeckt, enthalten rundliche Knorpelkörperchen eingelagert; im hinteren lateralen Theile befindet sich mitunter ein aus Bindegewebe mit sparsamen Knorpelzellen bestehender Zwischenknorpel.

Die *Synchondrosis ary-santoriniana* besteht aus Bindegewebe mit eingelagerten Knorpelzellen; die Cartilago triticea im Lig. hyo-thyreoideum laterale aus hyalinem Knorpel.

Unter den Bändern des Kehlkopfes werden die Ligg. thyreo-arytaenoidea inferiora und crico-thyreoideum medium vorzugsweise von feineren elastischen Fasern gebildet, die netzförmig angeordnet sind, mit zwischengelagerten Bindegewebsbündeln; in den übrigen tritt das elastische Gewebe mehr zurück. Das *gelbliche Knötchen* am vorderen Ende der Ligg. thyreo-arytaenoidea inferiora besteht aus dicht verfilzten feinen elastischen Fasernetzen. Sie verlaufen vorzugsweise horizontal, sind durch wenig bindegewebige Grundsubstanz getrennt, die aber sehr zahlreiche, längliche, horizontal gestellte, auf dem Querschnitt nach Hämatoxylin-Behandlung mehr eckige Kerne enthält. — Die *Muskelfasern* sind sämmtlich quergestreift; ihre Enden mitunter getheilt.

Die Schleimhaut des Kehlkopfes hat an der *Epiglottis*, am Frenulum epiglottidis, an den Ligg. thyreo-arytaenoidea inferiora, sowie den Cartil. arytaenoid. in der Fortsetzungslinie der letztgenannten Ligamente bis zum Pharynx Platten-Epithelium; im Uebrigen Flimmer-Epithel. Die obere Fläche der ersteren besitzt dickeres Epithel als die untere, in demselben vergrabene Papillen, dazwischen Ausführungsmündungen acinöser Drüsen, der Gl. epiglotticae, und *Geschmacksknospen*. Letztere sind zahlreicher auf der unteren, als auf der oberen Fläche und an den Rändern, auch zahlreicher als die Drüsen; unter stärkeren Vergrösserungen leicht von den Ausführungsgängen zu unterscheiden, mit denen sie bei mittelstarken verwechselt werden können. Der Bau derselben ist wie an der Zunge.

Die untere Fläche der Epiglottis hat keine Papillen; an ihrem unteren Ende und mit den Ligg. thyreo-arytaenoidea superiora beginnt im Kehlkopf das Flimmer-Epithel, welches auch Becherzellen führt; Papillen und geschichtetes Platten-Epithel sind nur noch am freien Rande an den Ligg. thyreo-arytaenoidea inferiora vorhanden; erstere erreichen in der Mitte von deren Längsausdehnung ihre grösste Länge.

In der Schleimhaut selbst finden sich zahlreiche feine elastische Fasern, die bis dicht unter die Oberfläche streichen; in der Nachbarschaft der Ligg. des Kehlkopfes fehlt meist eine eigentliche Submucosa oder dieselbe ist reich an stärkeren elastischen Elementen; an der unteren Fläche der Epiglottis verwächst die Schleimhaut mit dem elastischen Knorpel; an den übrigen Parthien ist lockeres submucöses Bindegewebe vorhanden.

Die acinösen Drüsen an der Epiglottis sitzen meist einzeln, im übrigen Kehlkopf zum Theil gruppenweise; ihre Ausführungsgänge haben cylindrische, ihre Acini pyramidenförmige Zellen.

Die Blutgefässe sind zahlreich, bilden an der Oberfläche polygonale Capillar-Maschen, dringen mit Endschlingen in die Papillen, wo solche vorhanden; in den Ligg. thyreo-arytaenoidea laufen sie wesentlich in sagittaler Richtung mit länglichen Maschen. — Lymphgefässe erstrecken sich als oberflächliches Netz in der Schleimhaut, als tieferes in der Submucosa; besonders in den Falten und namentlich an den Ligg. thyreo-arytaenoidea. Sie verrathen sich durch eine mehr oder weniger reichliche Infiltration der Schleimhaut mit Lymphkörperchen schon im nicht-injicirten Zustande; eingespritzt endigen sie mit blinden, gegen die Schleimhautoberfläche gerichteten Ausläufern. Aehnliche Lymphinfiltrationen findet man in der Tiefe des Ventriculus Morgagni, auf den Cartil. arytaen. und santorin., sowie in den Plicae ary-epiglotticae. An der Epiglottis und auch abwärts bis zur Stimmritze resp. in den Ligg. thyreo-arytaenoidea sind (mitunter zahlreiche) Lymphfollikel vorhanden. — Die Nerven bieten im Stamm des N. laryngeus superior internus feinere doppeltcontourirte Fasern als im inferior; die Aeste beider Nerven sind mit microscopischen Ganglien ausgestattet. Ausserordentlich zahlreich findet man die dunkelrandigen Nervenfasern in der Schleimhaut der hinteren Epiglottisfläche: sie bilden wirre enge Geflechte, sind mit einzelnen Ganglienzellen-Haufen versehen und verhalten sich wie die Geschmacksnerven überhaupt, insofern sie an die Geschmacksknospen (S. 188) des Epithels herantreten; ausserdem sind einzelne Endkolben nachgewiesen. Auf der vorderen Fläche und den Seitenrändern zeigen sich die Nervenfasern sparsamer; sie stammen vom N. glossopharyngeus, während die der Hinterfläche dem N. laryngeus superior internus durch Ana-

stomosen des Vagus mit dem Glossopharyngeus zugeführt werden dürften. Sehr zahlreich sind auch die Nervenfasern der Ligg. thyreo-arytaenoidea superiora, nicht aber der inferiora; ihre Endigung ist nicht bekannt.

Der Axenstrang der Cartilago santoriniana scheint für hyalinen Knorpel gehalten worden zu sein (Verson, einmal, 1868). — Kruil (1875) vermisste die Articulatio crico-thyreoidea unter 19 Fällen 6 mal. — Das gelbliche Knötchen der Ligg. thyreo-arytaenoidea enthält keine Knorpelzellen, wie Luschka, 1871, glaubte, welcher Anschein auf Querschnitten durch die cylindrischen Formen der Zwischensubstanz und ihre Kerne entstehen kann. — Die Ausführungsgänge der acinösen Drüsen zeigen mitunter Flimmer-Epithel (Verson, 1868); die Acini beim Hunde auch Halbmonde (Boldyrew, 1871). — Die Gesammtzahl der Lymphfollikel schätzte Coyne (1874) auf 30—50; sie sind länglich-ellipsoidisch in der Schleimhautoberfläche der Ligg. thyreo-arytaenoidea. Die Katze hat ebenfalls Lymphfollikel (Verson); beim Schaf sind sie constant (W. Krause mit Lindemann, 1869) an der hinteren Fläche der Epiglottis; ebenfalls finden sie sich beim Schwein, Kalb und beim Hund (Boldyrew, 1871). — In der Epiglottisschleimhaut des letztgenannten Thieres sind einzelne Ganglienzellengruppen beobachtet; an deren hinteren Fläche kommen beim Schaf und Kaninchen Geschmacksknospen vor (W. Krause), ebenso beim Kalbe und Reh (Hönigschmied, 1873). Die Oberfläche der Epiglottis dürfte intensive Geschmacksempfindungen: Nachgeschmäcke, vermitteln (S. 190). Ueber die Nervenendigungen im Kehlkopf s. auch Nervensystem.

Schilddrüse.

Das Bindegewebe, welches die Gl. thyreoidea einwickelt, an bestimmten Stellen als Ligg. gl. thyreoideae auftritt, sowie die Drüsenläppchen von einander trennt, ist locker und reich an elastischen Fasern.

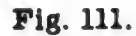
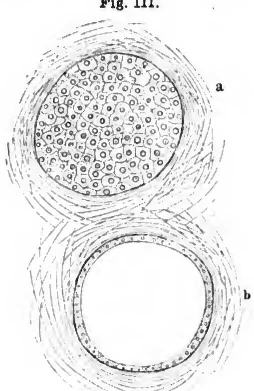


Fig. 111.



Zwei geschlossene Follikel der Gl. thyreoidea mit ihrem Platten-Epithel; Wasser. V. 200. *a* Der Focus ist auf die Oberfläche des kugligen, etwas abgeplatteten Follikels eingestellt, das Epithel erscheint in Flächenansicht als Mosaik. *b* Der Focus ist auf den Rand des Follikels eingestellt, der letztere wird durch die Focalebene halbirt, das Epithel erscheint im Profil, das Lumen leer.

Jedes Läppchen wird von einer grossen Anzahl *Follikel*, Acini oder Drüsenbläschen (Fig. 111) zusammengesetzt: gebildet aus einer structurlosen Membran, die den kugelförmigen oder etwas länglichen, leicht polyedrischen Follikel umgibt, einem Drüsen-Epithel und Inhalt. Die Follikel sind allseitig abgeschlossen, ihre Membran resistent gegen Alkalien, nach aussen setzt sie sich ohne scharfe Grenze in das feste Bindegewebe fort, das die Drüsenbläschen von einander trennt. Das Epithel besteht aus polygonalen, wenig abgeplatteten Zellen, deren basales Ende ausgefasert ist, so dass dessen Fortsätze (Fig. 112) etwas schräg gegen die Innenfläche der Membrana propria gerichtet stehen. Das Protoplasma trübt sich durch Alkohol oder Essigsäure; die Kerne sind rundlich, fast kuglig, mit Kernkörperchen versehen. — Der Inhalt der Follikel gerinnt durch Kochen, Alkohol, Salpetersäure: es ist eine homogene, durchsichtige, zähflüssige Substanz, die als *Colloidmasse* (S. 15) bezeichnet wird.

Fig. 112.



Zwei Zellen des Platten-Epithels eines Follikels der Gl. thyreoidea, nach 24 stündigem Einlegen in 5 %iges molybdänsaures Ammoniak. V. 1000. Die unteren Enden der Zellen sind ausgefasert.

Colloide Massen in einzelnen vergrösserten Follikeln sind, wenn auch sehr häufig und fast constant beim Menschen, dennoch pathologisch, da solche bei Säugethieren in der Norm nicht vorkommen. Abgestossene fettig

oder colloid zerfallende Epithelialzellen, freie Fettkörnchen bilden häufig den Inhalt der Acini, auch Cholestearin und Krystalle von oxalsaurer Kalkerde (W. Krause, 1864). — Peremeschko (1867) und Verson (1869) fanden den Höhendurchmesser der Epithelzellen etwas grösser als die Flächen-Ausdehnung und bezeichnen dieselben deshalb als Cylinder-Epithelien.

Die Blutgefässe der Schilddrüse umspinnen mit reichlichen polygonalen Capillarmaschen die Acini, während Arterien und Venen zwischen den Läppchen verlaufen. — Lymphgefässe sind zwischen den Läppchen ebenfalls zahlreich, bilden weitläufigere Maschen von mehr rundlicher Form; sie stammen aus verästelten stärkeren Gefässen im interstitiellen Bindegewebe der secundären Läppchen und gehen nach aussen in klappenführende, zwischen den grossen Abtheilungen der Drüse und in ihrer Hülle verlaufende Stämmchen über. Zwischen die Acini erstrecken sich theils einzelne, blind endigende Lymphcapillaren, theils Netze von solchen. — Die Nerven sind sparsam, führen blasse und einzelne doppeltcontourirte Fasern, auch Ganglienzellen; sie scheinen Gefässnerven zu sein und verlaufen in den Plexus thyreoidei superior und inferior.

Luftröhre.

Die Knorpelringe haben genau den Bau und die Zellen-Anordnung der hyalinen Kehlkopfsknorpel: die platten Zellen der Oberfläche sind ringsum mit ihrem Längsdurchmesser der Umfangsrichtung parallel gestellt. Das Perichondrium setzt sich als äusserste Schicht auch in den Knorpel-Interstitien fort, ist reich an elastischen Fasern. — Die *Schleimhaut* trägt Flimmer-Epithelium mit Becherzellen etc.; unter ihrer inneren Oberfläche, die als resistente glänzende Membrana propria erscheint, liegt eine starke elastische Längsfaserschicht, welche an den Knorpelringen in sich gleichbleibender Dicke vorhanden ist. An der vorderen und seitlichen Peripherie der Luftröhre folgt dann die lockere bindegewebige Submucosa; an der hinteren Wand aber grenzt die elastische Lage direct an eine aus querverlaufenden glatten Fasern bestehende Muskelschicht. Die Bündel derselben sind durch etwas Bindegewebe gesondert; an die hinteren Enden der Knorpelringe inseriren sie sich mit elastischen Sehnen; nach hinten folgt auf die Muskelschicht noch eine an Fettzellen reiche Bindegewebslage zur Verbindung mit dem Oesophagus, welche auch einzelne längslaufende glatte Muskelbündel führt.

In der Submucosa liegt zwischen und an den Knorpelringen (nur auf deren nach innen gewölbten Höhen häufig fehlend) eine dichtgehäufte Masse kleinerer und grösserer tubulöser resp. acinöser Drüsen, Gl. tracheales. Ihr Fehlen an der genannten Stelle geht Hand in Hand mit beträchtlicherer Convexität einzelner oder vieler Knorpelringe und verschiedener Stellen derselben, so namentlich vorn in der Medianebene; unter allen Umständen sind die Drüsenkörper auf der Höhe der Ringe beträchtlich abgeplattet, ihrer Dicke nach aus einem oder zwei Acini bestehend. Benachbarte Drüsen schliessen meist dicht aneinander, werden durch nur wenig Bindegewebe getrennt; die Ausführungsgänge durchbohren die Schleimhaut öfters in sehr schräger Richtung. Die Drüsen sind mehr zerstreut auch in der hinteren Wand vorhanden, nicht nur zwischen Schleimhaut und Muskelhaut, sondern ebenfalls in letztere eingelagert oder an deren hinterer Oberfläche. Ihre Ausführungsgänge und übrigen Hohlräume werden von Flimmer-Epithel ausgekleidet.

Die stärkeren Blutgefässe verlaufen hauptsächlich der Länge nach, die Capillaren der Schleimhautoberfläche bilden polygonale Maschen. — Lymphgefässe sind in zwei Netzen vorhanden: das feinere mit nach der Längsrichtung verlaufenden Maschen zwischen Blutcapillaren und elastischer Schicht, aus welchem kurze, blind endigende Ausläufer in der Fläche der Schleimhaut hervorgehen; das gröbere in der Submucosa mit Stämmchen, die in den Interstitien der Knorpelringe transversal, in der hinteren Wand aber longitudinal verlaufen. Beide Netze communiciren durch schräge Aestchen; die klappenführenden Stämmchen verlaufen an der äusseren Grenze der Submucosa zwischen den Ringen transversal und gehen zu den Gl. lymphaticae tracheales. — Die Nerven sind zahlreich, meist doppeltcontourirt in der Schleimhaut; mit microscopischen Ganglien in der hinter der Muskelschicht gelegenen Bindegewebshaut; die Endigung ist unbekannt. — Wie die Luftröhre sind auch der *Bronchus dexter* und *sinister* gebaut.

Die Lymphgefässe untersuchte Teichmann (1861); Lymphfollikel in der Schleimhaut sah Lindemann (1869).

Lungen.

Die Lunge ist eine acinöse Drüse, entwickelt sich, wie eine solche, als Ausstülpung aus dem embryonalen Vorderdarme und wird nach der Geburt lufthaltig. Jedes Lungenläppchen besteht aus einer Anzahl von *Infundibula,* welche die Gestalt trichterförmiger, geschlossener Säcke mit dem Bronchialast als Stiel haben (Fig. 113), und sie sitzen den feinsten Bronchien an, wie die Acini den Ausführungsgängen traubenförmiger Drüsen. Während aber in den letzteren oft nur wenige Acini das Ende eines feinsten Drüsenganges umgeben, führt jeder bronchiale Endzweig, *Alveolargang,* zwar nur in ein einziges Infundibulum, das hohl und mit Luft gefüllt ist, dessen Wandung aber eine grosse Anzahl von rundlichen Ausbuchtungen, Alveolen, Alveoli, Lungenbläschen, besitzt. Letztere sind den Acini traubenförmiger Drüsen homolog, doch weit grösser. Benachbarte Alveolen werden durch Septa (Fig. 114), die in den Binnenraum des Infundibulum vorspringen, getrennt; der Alveolus selbst hat die Form eines Theiles, etwa eines Drittels oder der Hälfte einer Kugelschale, oder ist etwas länglich; einzelne sitzen auch dem Anfangstheile der Alveolargänge direct seitlich an.

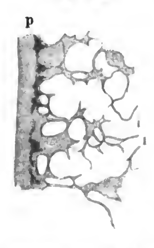
Fig. 113.



Infundibula der Lunge nebst einem zuführenden Bronchialast mit Paraffin ausgefüllt, Corrosions-Präparat. V. 5.

Die Infundibula sind an der Lungenoberfläche mit ihrer Längsaxe senkrecht gestellt, im Innern der Lunge haben sie alle möglichen Richtungen, sind häufig gebogen. Ihre, dem peripherischen Ende des Alveolarganges gegenüberliegende Basis wird als *Fundus* des Infundibulum bezeichnet und letzteres mit einem an der weiten Mündung geschlossenen Trichter verglichen.

Fig. 114.



Durchschnitt der Lunge senkrecht auf die Pleura-Oberfläche. H. Müller'sche Flüssigkeit, Alkohol, Paraffin, Benzol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 12. *i i* Eingänge in zwei Infundibula. *p* Pleura.

Jeder Alveolus bildet nach dem Gesagten einen Theil der Wandung eines ganzen Infundibulum; ersterer besteht aus seiner Wand und einem Epithel. Die Wand ist homogenes Bindegewebe mit sparsamen ovalen, platten Kernen und zahlreichen elastischen Fasern (Fig. 115); letztere sind besonders an der Mündungsstelle des Alveolus in das Infundibulum und folglich auch in den erwähnten Septis angehäuft. Mehr ringförmig umgeben sie die Anfänge der Infundibula; ein unregelmässiges Maschennetz mit geschwungenem Verlauf der anastomosirenden Fasern bilden sie in der Alveolenwand. Das Epithel ist ein dünnes continuirliches, einfaches Platten-Epithel; seine Zellen lassen zwei Formen erkennen. Beide Arten sind unregelmässig polygonal, ihre Grenzen werden durch Silber kenntlich (Fig. 116); ihre ovalen ganz platten Kerne durch Hämatoxylin. Die Grösse aber ist eine verschiedene: die Zellen kleinerer Art haben zugleich körniges Protoplasma; die grösseren sind homogene, ganz dünne Plättchen. Da beim Fötus die kleineren

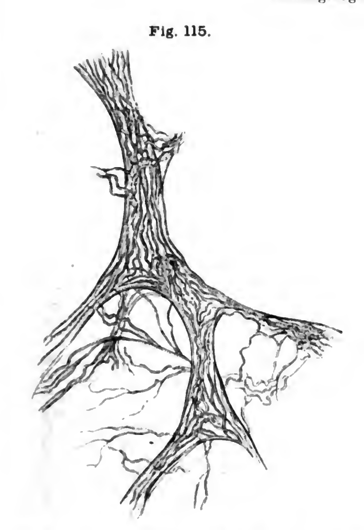


Fig. 115.

Elastische Fasern der Lungen-Alveolen und Septa. Frisch mit Natron, Glycerin. V. 400.

Zellen überwiegen, so wird angenommen, dass die grösseren aus einer Verschmelzung von kleineren entstehen; wahrscheinlicher ist einfaches Flächenwachsthum derselben unter Verlust der feinkörnigen Beschaffenheit ihres Protoplasma. Die kleineren Zellen sitzen unregelmässig zerstreut, einzeln, zu zwei oder bis zu vier zwischen den aneinander stossenden grösseren; vorzugsweise finden sie sich innerhalb der Capillargefässmaschen (S. unten Blutgefässe der Lunge). Die grösseren homogenen überkleiden die in das Innere der Infundibula hervorragenden Septa zwischen den Alveolen ausschliesslich.

Jeder Bronchus geht durch successive dichotomische Theilung in eine grosse Anzahl von Bronchien über. Die feinsten Aeste der letzteren setzen sich in die Alveolargänge fort, und ist der Bau an den verschiedenen Abschnitten dieses verzweigten luftgefüllten Röhrensystems ein verschiedener. Mit Knorpelplättchen versehen sind die Bronchialäste bis zu einem Durchmesser der letzteren von 1—1,5 Mm. abwärts: sie heissen *interlobuläre Bronchien.* Soweit geschieht die dichotomische Theilung unter spitzen Winkeln. Diese Bronchien besitzen Schleimhaut, Muskelschicht und äussere elastische Faserhaut mit Knorpelplättchen, ähnlich wie die Luftröhre. Die Plättchen sind aber ganz unregelmässig, von den mannigfaltigsten Gestalten, mit eckigen kurzen Ausläufern; an den grösseren Bronchialästen mit ihrem Längsdurchmesser hauptsächlich quer gestellt, und in der Fortsetzung der hinteren Luftröhrenwand fehlend. Anfangs werden nur ihre Zwischenräume von ringförmig verlaufenden glatten Muskelfasern ein-

Der Ansatz der Seitenäste des Bronchialbaums sind beim Embryo rechtwinklig, sind aber nach der Geburt spitzwinklig. Küttner, siehe unten. Virch. Arch. Bd. 66. p. 15.

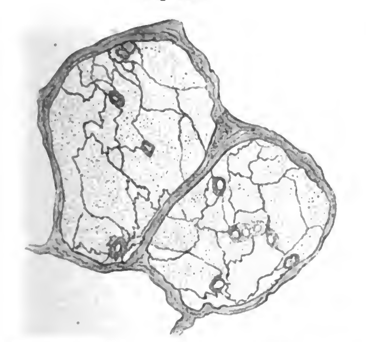


Fig. 116.

Lungen-Alveolen des Kaninchens; die Grenzen der Epithelialzellen durch Silber gefärbt. Einige Zellen haben dunkles körniges Protoplasma und helle Kerne. V. 400.

"So deutlich in einer ausgewachsenen Lunge das Princip der Dichotomie ausgeprägt ist, so ungerechtfertigt wäre es daraus auf ein dichotomisches Wachsthum des embryonalen Epithelrohres resp. Bronchialbaumes schliessen zu wollen. Das Wachsthum ist monopodisch, d. h. das Epithelrohr wächst an seinem Scheitel ungetheilt fort, während seitliche Sprossen am Stamm desselben hervortreten und mit ihrer Längsaxe zu der des erzeugenden Rohres rechtwinklig gestellt sind" Durch nachherigen [illegible] [illegible]

genommen; an den feineren Aesten ist die Muskellage in unveränderter Dicke auch da vorhanden, wo die Plättchen sitzen. Die Knorpel der grösseren Bronchien erinnern zum Theil noch durch ihre halbringförmige Form an die der Luftröhre und haben ähnlichen Bau; nahe ihren Oberflächen sitzen platte Knorpelzellen denselben parallel gestellt, während der Zwischenraum von senkrecht gestellten, einander parallelen Zellensäulen eingenommen wird. In den kleineren Bronchien verschwindet die Differenz zwischen Oberfläche und innerem Theil mehr und mehr, so dass einzelne Knorpelkörperchen und Haufen von solchen in secundären Kapseln in der hyalinen Grundsubstanz eingebettet liegen. Die zahlreichen elastischen Fasern der äusseren Faserhaut verlaufen der Länge nach, sind hier und da mit Fettzellengruppen untermischt; die glatten Muskelfasern bilden cylindrische, zu engem circulären Netz verflochtene Bündel; zwischen Knorpel resp. Faserhaut und Muskellage sitzen zahlreiche acinöse Drüsen, die in der Richtung senkrecht auf die Bronchialaxe stark abgeplattet sind und mit kurzen Ausführungsgängen die Schleimhaut senkrecht oder schräg durchbohren. Die letztere selbst ist mit Flimmer-Epithel ausgekleidet, das Becherzellen enthält; die Richtung des erzeugten Stromes geht, wie in sämmtlichen Luftwegen incl. des Kehlkopfes nach oben. Die Schleimhaut legt sich in eine Anzahl, bis zu 20, Längsfalten, die auf dem Querschnitt wie mit Flimmer-Epithel bekleidete Papillen sich ausnehmen; nach den feineren Bronchien hin werden sie steiler und stehen näher zusammen; sie enthalten in ihrer Basis vorzugsweise bündelförmig geordnete elastische Fasern.

Die Bronchien von 1—1,5 Mm. abwärts werden *lobuläre Bronchien*, Bronchiolen, feinste Bronchialäste genannt, weil jedes Lungen-Läppchen einen, seltener zwei solche erhält. Sie sitzen mehr rechtwinklig, auch wohl spiralig aufgereiht den eigentlichen Bronchien an, theilen sich auch dichotomisch, aber unter Winkeln, die rechten näher kommen. Der Knorpelstückchen und acinösen Schleimdrüsen entbehren sie ganz; ihre äusserste Schicht besteht aus längslaufenden Bindegewebsbündeln; die Muskelschicht bildet weitmaschigere Netze dünnerer circulärer Bündel, mit zahlreichen, bündelweise geordneten, feinen elastischen Fasern in den Interstitien und in der Submucosa. Die Epithelzellen der Schleimhaut flimmern, werden aber allmälig niedriger, um in das Epithel der Alveolargänge überzugehen.

Die *Alveolargänge* (Fig. 113, Fig. 114) sind seitlich mit Alveolen besetzt und tragen an ihren Enden die Infundibula. Sie verästeln sich noch successiv einige Male dichotomisch; bestehen aus einer homogenen Grundmembran, wie die Alveolen selbst. mit bündelweise geordneten, längslaufenden elastischen Fasern und einem continuirlichen, nicht flimmernden Platten-Epithel, wie das der Infundibula und Alveolen. An den Theilungsstellen der Alveolargänge, sowie an den Eingängen der Infundibula. sind nur grössere homogene Zellenplatten vorhanden. Von den lobulären Bronchien erstrecken sich circuläre, aus wenigen glatten Muskelfasern bestehende Bündelchen auf die Alveolargänge und umgreifen, schräg absteigend, schlingenförmig noch die Eingänge der Infundibula.

Zwischen den Läppchen der Lunge, ihren Blutgefässen und an der Aussenfläche der elastischen äusseren Faserhaut der interlobulären Bronchien, die letztere als eine Art Adventitia begleitend, findet sich sparsames *interstitielles Bindegewebe* der Lunge. Wie die Septa zwischen den Alveolen, die Wandungen derselben und ihrer Gänge, auch die körnigen kleineren Platten-Epithelien sind die Spalträume des interstitiellen Bindegewebes beim Erwachsenen regelmässig mit mehr oder weniger ungleichmässig zusammenge-

häuften grösseren und kleineren rundlichen oder eckigen Anhäufungen von Pigmentmolecülen infiltrirt, die sich wie Melanin (S. 54) verhalten; zum Theil auch als eingeathmete Kohlenpartikelchen aus der Luft herstammen.

Den kleinsten Säugethieren fehlen Knorpelringe in den Bronchien gänzlich. — Moleschott (1845) beschrieb die elastischen Fasern der Alveolen als glatte Muskelfasern, und seitdem dauert der Streit, ob solche vorhanden sind. Die jetzigen Untersuchungsmethoden gestatten, ihre Anwesenheit daselbst mit Sicherheit zu negiren. Fast ebenso lange währt die Controverse über das Epithel der Alveolen, das geläugnet wurde, obgleich die körnigen polygonalen Zellen desselben aus gesunden Lungen des Menschen einige Stunden nach dem Tode frisch darzustellen sind. Die eigenthümliche Anordnung der grösseren homogenen Zellen wurde von Elenz (1864) und F. E. Schulze (1870) zuerst mit Sicherheit nachgewiesen. Verwechslungen von Querschnitten lobulärer Bronchien mit Alveolen scheinen in beiden Controversen eine Rolle gespielt zu haben (Henle, 1861). — Die Alveolen der Amphibien haben gleichmässiges continuirliches Platten-Epithel; die Kerne desselben sitzen beim Frosch, von etwas Protoplasma umhüllt, meist zu zwei in den Capillargefässmaschen.

Die **Blutgefässe** der Lunge aus der A. pulmonalis versorgen mit lobulären *Arterien*, stets den Bronchien folgend, die Infundibula, von denen zwei bis drei eine solche gemeinschaftlich haben. Ihre Endäste begleiten die Alveolargänge; deren stärkere capillare Zweige verlaufen in den dickeren elastischen Wandungen der letzteren und lösen sich in ein sehr enges Netz polygonaler Capillargefässmaschen auf. Der Maschendurchmesser kommt dem Kaliber der Capillaren ungefähr gleich. In der Profilansicht (Fig. 117) überragen die wellenförmig verlaufenden Capillaren wie kurze niedrige Schlingen die Wandungen der Alveolen und ihre Septa; sie liegen ohne Zwischensubstanz unmittelbar unter den homogenen Zellenplatten des Epithels. Die ovalen Kerne ihrer Wandungen treten zahlreich an injicirten und tingirten Präparaten hervor.

Fig. 117.



Capillargefässnetz der Lungen-Alveolen mit Leim und Berlinerblau injicirt. V. 240. *c* Septum auf dem Querschnitt, die Capillaren ragen fast schlingenförmig in das Lumen hinein; in den übrigen Alveolen erscheint das Netz in Flächenansicht.

Die *Lungenvenen* sammeln sich aus dem Capillarnetz, welches den Fundus der Infundibula überdeckt — dasselbe ist also venös, während die seitliche Peripherie der letzteren von arteriellen Capillaren eingenommen wird. Die den Aa. lobulares entsprechenden Venen verlaufen aber nicht im Stiel der Infundibula neben den arteriellen Aesten, welche mit den Alveolargängen und interstitiellem Bindegewebe diesen Stiel bilden, sondern bereits interlobulär, und gelangen zu den stärkeren Vv. interlobulares, die ihrerseits die Arterien und Bronchien begleiten.

Die *Bronchialarterien* versorgen die Bronchialschleimhaut bis zu den Alveolargängen mit einem Capillarnetz, das sich in der Schleimhaut wie in derjenigen der Luftröhre verhält; die stärkeren Zweige verlaufen der Längsrichtung nach. An den feineren interlobulären und den lobulären Bronchien finden zahlreiche Anastomosen mit den Endästen der A. pulmonalis statt: von den Aa. bronchiales aus ist das capilläre Alveolarnetz füllbar, ebenso das der Bronchialschleimhaut von der A. pulmonalis aus. Werden beide Arterien mit verschiedenfarbigen Massen zugleich injicirt, so füllen sich grössere Inseln in der Schleimhaut von der A. pulmonalis aus, kleinere mittelst der Aa. bronchiales.

Die grösseren *Bronchialvenen* erhalten ihr Blut nur aus der Schleimhaut der grösseren und feineren interlobulären Bronchien, nicht aus dem Capillarnetz der Infundibula, Alveolargänge und lobulären Bronchien. Diese Theile, sowie manche der feineren interlobulären Bronchien, besitzen vielmehr Aeste der Lungenvenen, die ihr Blut schliesslich in die Vv. pulmonales ergiessen.

Die *Capillaren* der Bronchialwandungen, abgesehen von deren Schleimhaut, sowie der Gefässe und Lymphdrüsen der Lungen bieten nichts Besonderes dar. Im interstitiellen

Elenz, Über das Lungenepithel, Inaugural-Dissert. Würzburg, 1864.

*Eingehende und sorgfältige Untersuchungen über die Pulmonalgefässe wurden von Küttner auf anatomischer und experimenteller Grundlage gemacht. Vide Virchow's Archiv, Bd. 73. 1878.

Bindegewebe verlaufen Capillargefässe zwischen den benachbarten Läppchen, so dass diese Bezirke durch alle Lobuli der Lunge hindurch zusammenhängen, während arterielle Anastomosen von Aesten der A. pulmonalis nirgends vorkommen.

Die Lymphgefässe der Lunge bilden zwischen den Lobuli und Infundibula gelegene weitmaschige Netze; sie führen theils zu oberflächlichen, unter der Pleura die Lobulargrenzen umziehenden, theils zu tiefen, aus dem Hilus der Lunge hervortretenden Stämmchen. Die oberflächlichen gelangen entweder direct zum Hilus, oder communiciren mit den tiefen im interstitiellen Bindegewebe der Läppchen. — Die Lymphgefässe der Bronchien bilden Netze in der Schleimhaut, durchbohren senkrecht die Bronchialwand; die der grösseren Bronchien gehen direct in die Lymphdrüsen, die der feineren Bronchien in längslaufende, die Aeste der A. pulmonalis begleitende Stämmchen über oder in die Lymphgefässnetze der Lobuli.

Die Nerven der Lunge verlaufen mit den Bronchien, führen viele blasse kernhaltige Fasern neben doppeltcontourirten, auch Ganglienzellengruppen. Erstere Fasern gehen zu den glatten Muskelfasern, die dunkelrandigen zur Schleimhaut der Bronchien. Ihre Endigungen sind nicht bekannt.

Turner (1865) fand Anastomosen der Aa. bronchiales mit den Aa. mammaria interna, thoracic. und oberen Costalarterien, die im vorderen resp. hinteren Mediastinum stattfinden. — Wywodzoff (1865) beschrieb Lymphgefässe an der Alveolenwand, die beim Pferd und Hund keine Endothelien besitzen, sowie beim Menschen und Hund keine oberflächlichen Gefässe direct zum Hilus führen sollen. Nach Sikorsky (1870), dem sich v. Wittich (1874) anschloss, verlaufen die Lymphgefässe sowohl nach aussen, als nach innen von den Capillaren der Lungen-Alveolen und bilden Maschen von eckiger Form. Aus den Schleimhautnetzen und denen des submucösen Gewebes in den Bronchien steigen Zweige gegen das Flimmer-Epithel auf. Nach Klein (1874) sind an der Aussenfläche feinerer Bronchien Lymphfollikel vorhanden. — Der Reichthum der Bronchialverzweigungen an Stämmchen doppeltcontourirter Nervenfasern ist bei kleinen Säugern auffallend, z. B. bei weissen Ratten. Die Ganglienzellen wurden von Remak (1840) bei Säugern entdeckt, von Beale und J. Arnold (1863) beim Frosch beschrieben.

Brustfell.

Die Pleura ist eine seröse Haut, bekleidet von platten, rundlich- oder länglich-polygonalen, 4—6-, selten 7eckigen Endothelialzellen mit ovalen platten Kernen und Schaltplättchen resp. Stomata (S. Lymphsystem, Lymphspalten). Die Zellen sitzen auf einer sehr dünnen elastischen *Basalschicht* (S. Lymphgefässsystem); im übrigen besteht die Pleura aus Bindegewebe in lockeren abgeplatteten Bündeln mit Netzen zahlreicher feiner elastischer Fasern.

Die Blutgefässe bilden in einfacher Lage ein weitmaschiges Capillargefässnetz mit länglich-polygonalen Gewebsinseln; communiciren mit derjenigen des subpleuralen Bindegewebes, sowie des interstitiellen Bindegewebes zwischen den Lungenläppchen. Die arteriellen Aestchen der Pleura pulmonalis stammen von den Aa. pulmonalis, bronchiales und am Hilus von Aa. intercostales; die venösen gehen zu Aesten der Vv. pulmonales und am Hilus zu den Bronchialvenen. — Lymphgefässe finden sich sowohl im eigentlich costalen wie im intercostalen Pleuraltheil als ein doppeltes oder dreifaches, oberflächliches und tiefes Netz, von denen auch das oberflächliche noch viel weitmaschiger als das Blutgefässcapillarnetz und näher unter dem Endothel gelegen ist. Beide Netze communiciren durch quere Verbindungsäste. Die stärkeren Stämmchen verlaufen längs der Rippenränder. — Nerven sind selten: es kommen feine doppeltcontourirte Fasern einzeln verlaufend vor.

In Begleitung von Aesten der Bronchialarterien für die Pleura sah Kölliker (1852) Nerven mit Ganglienzellen. Luschka (1853) verfolgte Nervenfädchen aus dem N. phrenicus zur Costalpleura und zum Parietalblatt auf dem Diaphragma, sowie vom Plexus pulmonalis des N. vagus zur Lungenpleura. — Dybkowsky (1867) injicirte die Lymphgefässe der Pleura und auch des Fettgewebes der Mittelfellräume beim Hund, wobei die Lymphcapillaren dem freien Auge sichtbar werden, beschrieb Stomata an dem Intercostal-Endothel; E. Wagner (1869) fand die Verhältnisse beim Menschen, Kaninchen und Meerschweinchen übereinstimmend. — Bei Säugethieren kommen hier und da zottenförmige Anhänge, die Blutgefässe führen, an der Costal-Pleura vor; mitunter sind solche auch beim Menschen vorhanden. Bei den ersteren können sie zum Theil mit Lymphkörperchen infiltrirt sein, oder solche sind in einzelnen Lymphfollikeln zusammengehäuft (Walther, 1872, S. auch Lymphsystem, Lymphspalten).

Verdauungsorgane.

Schlundkopf.

Die Schleimhaut des Pharynx oder Schlundkopfes trägt in ihrem unteren Theile Platten-Epithel, das im Niveau des unteren hinteren Randes der Balgdrüsengruppe des Pharynx resp. des Foramen magnum oss. occipitis oder etwas oberhalb desselben in das Flimmer-Epithel der Nasenhöhle allmälig übergeht. Die Papillen des unteren Theiles sind klein, niedrig, in weiten Zwischenräumen angeordnet; unter dem Flimmer-Epithel des oberen Theiles fehlen sie gänzlich. Letzteres Epithel führt auch Becherzellen. Die Submucosa ist reich an elastischen Fasernetzen und stärkeren elastischen Fasern, enthält kleine acinöse Drüsen, *Gl. pharyngeae*, am zahlreichsten in der Nachbarschaft der Mündungen der Tubae Eustachii; nach abwärts werden sie sparsamer. An der genannten Stelle finden sich, wie im übrigen Schlundkopf mehr oder weniger entwickelte *Balgdrüsen*. — Die (von Lacauchie, 1853, entdeckte) *Balgdrüsengruppe* des Schlundkopfes, s. Tonsilla pharyngea s. tertia besteht, wie der Name sagt, aus einer Anzahl von Balgdrüsen, in deren Hohlräume und auch auf der Schleimhautoberfläche zwischen den Balgdrüsen tiefer gelegene acinöse Drüsen münden.*

Die Blutgefässe bilden länglich-polygonale Maschen; die Lymphgefässe reichhaltige Netze, welche mit denen der Nasenhöhle, der Speiseröhre und des Kehlkopfes continuirlich zusammenhängen; im oberen Theile des Schlundkopfes, und namentlich in der Nachbarschaft der Balgdrüsengruppe, welche letztere auch Lymphgefässe besitzt, ist überall eine beträchtliche Infiltration mit Lymphkörperchen an der nicht-injicirten Schleimhaut sichtbar, die auch die Wandung der Bursa pharyngea, wenn eine solche vorhanden, einnimmt. Ausserdem kommen in dieser Gegend Lymphfollikel zwischen den Balgdrüsen vor. — Die Nerven des Plexus pharyngeus und seiner Zweige führen doppeltcontourirte und blasse Fasern, sowie Ganglienzellen einzeln oder in kleinen Gruppen eingestreut; sie verbreiten sich auch unter der Schleimhautoberfläche der Balgdrüsengruppe, indem sie zwischen den acinösen und Balgdrüsen zu kleinen Stämmchen vereinigt hindurchtreten Ihre Endigung ist nicht bekannt.

Speiseröhre.

Die Schleimhaut trägt dickeres geschichtetes Platten-Epithel und hohe, kegelförmige, in Längsreihen geordnete Gefässpapillen. Unter der Propria liegt eine dünne, aus wesentlich längslaufenden glatten Muskelfasern gebildete Muscularis der Schleimhaut; das submucöse Gewebe enthält Fettzellengruppen und sparsame, an der vorderen Wand noch etwas häufigere, *acinöse Drüsen* mit Pyramidenzellen in den Acini und Cylinder-Epithel in den mehr senkrecht zur Oberfläche stehenden Ausführungsgängen. Am untersten Ende des Oesophagus sitzen kleinere rundliche acinöse Drüsen oberflächlicher in der Mucosa selbst.

Die Muskelhaut des Oesophagus besteht aus einer inneren Ring- und einer äusseren Längsmuskelschicht, welcher sich nach aussen eine an stärkeren elastischen Fasern reiche bindegewebige Adventitia anschliesst. Die Musculatur ist theils aus quergestreiften, theils aus glatten Muskelfasern zusammengesetzt. Erstere bilden dieselbe am Halse, letztere vom fünften Brustwirbel nach abwärts; in dem Zwischenraum beider Abschnitte oder im zwei-

*v. Luschka, Das adenoide Gewebe der Pars nasalis des menschlichen Schlundkopfes, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 4. p. 1.

ten Viertel der ganzen Länge des Oesophagus sind beide Faserarten unter einander gemischt. Die glatten Fasern reichen in der Ringfaserschicht weiter nach oben als in der Längsmuskelfaserschicht, und dasselbe gilt für die vordere im Gegensatz zur hinteren Hälfte der letzteren. In der Richtung nach unten nehmen in jenem gemischten Abschnitt die weiter oben bündelweise auftretenden glatten Muskelfasern an Zahl mehr und mehr zu, während die quergestreiften in microscopischen, oft nur aus wenigen kurzen Fasern zusammengesetzten, spindelförmigen Bündelchen vorhanden sind. Das Ende der quergestreiften Fasern wird mitunter von mehreren anstossenden glatten umfasst.

Aus der Längsfaserschicht gehen einzelne Bündelchen glatter Muskeln in die Adventitia mit elastischen Sehnen über, die mit deren elastischen Fasernetzen zusammenhängen. Auch zwischen den Bündeln der Muskelhaut selber sind solche zahlreich vorhanden und erstrecken sich an der Grenze der quergestreiften Musculatur zwischen die Enden der letzteren Muskelfasern; endlich werden die *Mm. broncho-oesophageus* und *pleuro-oesophageus* von starken elastischen Fasernetzen durchzogen.

Bei Säugethieren erstrecken sich die quergestreiften Muskelfasern, mit glatten untermischt oder ohne solche, in der äusseren Schicht meist bis zum Magen, während sie in der inneren etwas früher aufhören. Gillette (1872) vermisste die ersteren bei Nagern, Hund und Rind gänzlich. Irrthümlicher Weise ist jene schon von Ficinus (1836) ermittelte Thatsache so ausgelegt worden, als ob beim Menschen wenigstens einzelne derartige Fasern so weit nach abwärts reichten. Als Varietät kommt es vor, dass Bündelchen des quergestreiften Zwerchfellmuskel am Hiatus oesophageus sich der Längsmuskelschicht anschliessen. Vögel und Reptilien haben nur glatte, die Plagiostomen nur quergestreifte Fasern.

Blutgefässe und Lymphgefässe sind weniger zahlreich als im Pharynx; die Papillen enthalten Capillarschlingen; das submucöse Gewebe einen einfachen Lymphplexus und einzelne Lymphfollikel, während die Mucosa hier und da mit Lymphkörperchen infiltrirt erscheint. — Die Nerven der Plexus oesophagei bilden zwischen Ring- und Längsmuskelschicht einen reichhaltigen Plexus; ihre Stämmchen enthalten an den Knotenpunkten hier und da microscopische Ganglien; die Nervenfasern der Schleimhaut sind doppeltcontourirt, ihre Endigungen nicht bekannt.

Auch bei Säugethieren und Vögeln kommen Lymphfollikel im Oesophagus vor. Die Nervenfasern der Schleimhaut bilden beim Frosch im Pharynx und Oesophagus einen Plexus blasser kernhaltiger Fasern.

Magen.

Ueber die Serosa des Magens und Darmkanals s. Bauchfell.

Die Muskelhaut des Magens besteht aus drei Schichten: äussere längslaufende, mittlere ringförmige und innere schräge Fasern; über ihre specielle Anordnung s. Bd. II. Alle Muskelfasern des Magens (und Darmkanals) sind glatt; die inneren schrägverlaufenden Fasern zu platten durch lockeres interstitielles Bindegewebe getrennten Bündeln geordnet, die sich unter einander verflechten, auch mit elastischen Netzen sich in die Submucosa inseriren. — Zwischen der letzteren und der Schleimhaut befindet sich die verhältnissmässig dicke, hauptsächlich längslaufende Muscularis mucosae, deren Innenlage auch quere Bündel zeigt und von welcher einzelne Faserzellen sich zwischen die Drüsenschicht hineinstrecken.

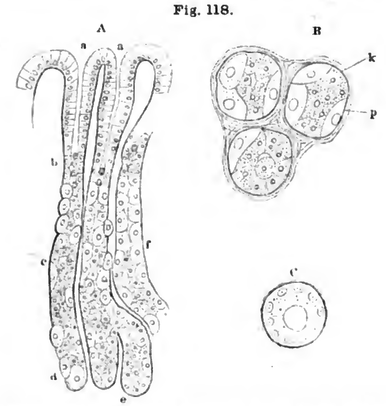
Die freie Schleimhautoberfläche ist im grösseren Theile des Magens glatt, nur in Form eines gitterförmigen Balkenwerks (S. 207) vorhanden, dessen Maschen von den Mündungen der Magendrüsen eingenommen werden. Breitere Schleimhautflächen zwischen den Drüsenmündungen finden sich ausschliesslich im Pylorustheil der Schleimhaut und sind mit dünnen platten Zotten besetzt. Alle diese freien Parthien der Oberfläche werden von Cylinder-Epithel überkleidet, das einzelne Becherzellen führt.

Die **Drüsen** der Magenschleimhaut sind in vier Formen vorhanden: als einfache oder zusammengesetzte *Magendrüsen* schlichtweg, eigentliche Magendrüsen, Magensaftdrüsen, Labdrüsen, zusammengesetzte Pepsindrüsen, die den grössten Theil des Magens einnehmen und als *Pylorusdrüsen* (Magenschleim-

drüsen), die wiederum in eigentliche zusammengesetzt schlauchförmige Pylorusdrüsen (oder Pylorusdrüsen, Magenschleimdrüsen schlichtweg, einfache Pepsindrüsen) und in acinöse Drüsen des Pylorustheils zerfallen. Die beiden letzteren Formen kommen nämlich nur im Pylorustheil vor.

Die einfachen Magendrüsen (Fig. 118) sind cylindrische Schläuche mit abgerundetem, mitunter dichotomisch oder trichotomisch getheiltem unteren Ende. Sie sind parallel neben einander in die Schleimhaut eingesenkt, so dass ihre Längsaxe vertical zur Oberfläche gerichtet ist. Das zwischen den benachbarten Drüsen befindliche Grundgewebe der Schleimhaut stellt sehr dünne Septa dar, so dass die Masse der Schleimhaut wesentlich von Drüsensubstanz gebildet wird; die Septa umgeben in Form polygonaler Maschen die freien Mündungen der Drüsen. Wall- oder blattartig erhebt sich die Grundsubstanz in Form des erwähnten Balkenwerks noch etwas über das Niveau der Drüsenmündung, Riffe oder *Zottenfalten, Plicae villosae* erzeugend, welche der Mageninnenfläche ein bei schwächeren Vergrösserungen gitterförmiges Ansehen verleihen. Sie fliessen nämlich netzförmig zusammen und lassen zwischen ihren Maschen kleine rundliche oder rundlich-eckige, 0,05—0,07 im Durchmesser haltende Vertiefungen: die Mündungen der Magendrüsen. Die Drüsenschläuche werden von einer ziemlich homogenen oder leicht fasrigen Membran und dem Drüsenepithel gebildet. Die Membran enthält hier und da einen ovalen platten Kern oder eine platte sternförmige Stützzelle an ihrer Innenfläche eingelagert.

Fig. 118.



A Senkrechter Durchschnitt der Schleimhaut aus dem Fundus des Magens. Alkohol, Carmin, Essigsäure, Glycerin. V. 400/150. *a a* Drüsenmündungen. *b* Drüsenhals. *c* Drüsenkörper. *d* Drüsengrund. *e* Dichotomisch getheiltes, blind geschlossenes Ende. *f* Körper einer Drüse, deren oberes und unteres Ende durch den Schnitt getroffen sind. *B* aus einem horizontalen Schnitt nach derselben Methode. V. 400; Querschnitt vom unteren Ende des Drüsenkörpers. *p* polygonale, *k* kegelförmige Zellen. Die Lumina sind zackig oder rund. *C* Querschnitt des unteren Endes eines Schlauches einer Pylorusdrüse des Magens. Gefroren. V. 400. Drüsenmembran und Kerne der kegelförmigen Zellen. Das Lumen ist rundlich.

An jeder dieser Drüsen ist der Ausführungstheil, der Drüsenhals, der Drüsenkörper und der blind geschlossene, kuppelförmig gewölbte Drüsengrund zu unterscheiden.

Der *Ausführungstheil* wird durch die erwähnten Zottenfalten der freien Schleimhautfläche gebildet, welche mit einem regelmässig angeordneten einfachen Cylinder-Epithel, das auch Becherzellen und Ersatzzellen führt, überkleidet sind, und auf dem senkrechten Durchschnitt wie Papillen sich ausnehmen (Fig. 118 *A*). Die eiförmigen Kerne der Zellen sitzen nahe am angewachsenen Ende der letzteren. Der Ausführungstheil erweitert sich nach dem

Hohlraum des Magens hin und stellt, von demselben her betrachtet, ein microscopisches Grübchen dar, wie sie als Drüsenmündungen bereits erwähnt wurden. Der Ausführungstheil nimmt ungefähr den vierten Theil der ganzen Länge der Drüse ein; er ist mit demselben Cylinder-Epithel ausgekleidet wie es die Zottenfalten überzieht. Zwischen den basalen Enden der Cylinderzellen finden sich einzelne Ersatzzellen, Protoblasten.

Der *Drüsenhals* schliesst sich nach der Tiefe der Schleimhaut hin unmittelbar an den Ausführungstheil; ist nicht ganz so lang und enger als letzterer, auch weniger weit als der Drüsenkörper. Die Cylinderzellen des Ausführungstheils werden bei der Fortsetzung in den Drüsenhals successive niedriger und gehen in polygonale wandständige Zellen über. Im Drüsenkörper, Drüsengrund und Drüsenhals kommen aber zwei Arten von Zellen vor, die als polygonale und kegelförmige unterschieden werden. Die wandständigen Zellen des Drüsenhalses unterscheiden sich von den analogen polygonalen des Drüsenkörpers und Drüsengrundes durch geringere Breite (in der Längsrichtung des Drüsenhalses), grössere Dicke (in der Querrichtung), regelmässigere Anordnung und mehr körnige Beschaffenheit ihres Protoplasma. Sparsame kegelförmige Zellen liegen in der Axe des Drüsenhalses.

Fig. 119.

Drüsenkörper und Drüsengrund einer einfachen Magendrüse mit grossen hellen polygonalen *p* und kleinen kegelförmigen *k* Zellen, nebst der als scharfe Contour erscheinenden Drüsenmembran isolirt. Frisch, Magen nüchtern, Glycerin. V. 1000/600.

Im *Drüsenkörper* und *Drüsengrunde* ist der Unterschied der beiden Zellenarten scharf ausgeprägt. Die *polygonalen Zellen* (Fig. 119 *p*), Labzellen, Belegzellen, delomorphe Zellen sind schon lange bekannt; sie sind grösser, polyedrisch, wandständig, ihr Zellenkörper blass, feingranulirt und mit einem centralen kugligen oder eiförmigen Kern versehen. Einige Zellen enthalten auch zwei Kerne.

Die *kegelförmigen Zellen,* kleinere Art der Labzellen, Hauptzellen, adelomorphe Zellen (Fig. 119 *k*) sind kleiner als die polygonalen, abgestumpft, kegelförmig, stark granulirt, mit kleinem kugligem Kern versehen. Während die polygonalen Zellen stets wandständig sitzen, entweder für sich allein, oft in kleinen Ausstülpungen der Drüsenmembran, oder namentlich in dem Theile des Drüsenkörpers, welcher dem Drüsenhalse benachbart ist, nach Art eines regelmässigen Epithels an einander stossend, nehmen die kegelförmigen Zellen nicht nur die von den polygonalen freigelassenen Räume an der Innenwand der Drüsenmembran und namentlich im Drüsengrunde ein, sondern liegen auch frei in der Axe des Drüsenkörpers und des Drüsenhalses. Im Drüsengrunde sind sie etwas grösser, reichen sogar an die Grösse der polygonalen Zellen heran und da ihre der Drüsenmembran aufsitzende Grundfläche öfters nicht kreisförmig, sondern polygonal ist, wie bei einer Pyramide, so können solche Ansichten der kegelförmigen Zellen den polygonalen ganz ähnlich sehen. Beide Zellenarten gelangen durch Abstossung in den Magenhohlraum und bedingen zum Theil die schleimige Beschaffenheit des die Oberfläche bedeckenden Magensaftes.

Gegen Reagentien verhalten sich die beiden Zellenarten verschieden. Durch Hämatoxylin, Carmin, Anilin, doppeltchromsaures Kali färben sich die kegelförmigen Zellen in Betreff ihres Protoplasma schwächer als die cylindrischen des Ausführungstheiles, und die polygonalen weit intensiver als die letzteren. Das Protoplasma der polygonalen hellt sich mit 0,5—5 %iger Essigsäure oder Salpetersäure von 0,02—0,05 % (Heidenhain) auf, dasjenige der kegelförmigen trübt sich unter diesen Umständen, färbt sich aber mit Anilinblau, und stärker während der Verdauung als im Hungerzustande. Stärkere Säuren machen beide Zellenarten trübe: sie enthalten verschiedene Eiweisskörper, kein Mucin.

Der Pylorustheil ist mit den erwähnten kurzen, blattförmigen Zotten von 0,05 Länge besetzt, die sich zwischen den Drüsenausmündungen erheben und ebenfalls von Cylinder-Epithel bekleidet sind. Die Drüsen sind in der Uebergangszone zum Theil zusammengesetzte Magendrüsen, die einzeln auch im übrigen Theil des Magens und namentlich an der Cardia vorkommen. Sie bestehen aus dem Ausführungstheil, dem Drüsenhals, einem einfachen, kurzen, weiteren Drüsenkörper, der sich nach der Tiefe der Schleimhaut hin auf einmal oder successive in 3—8 cylindrische, leicht gebogene, mit blindem Drüsengrunde endigende Schläuche theilt (Fig. 120 *A*). Im Uebrigen und namentlich in Betreff der Epithelauskleidung gleichen sie vollkommen den einfachen Magendrüsen; Uebergangsformen finden sich vermöge des Vorkommens der erwähnten dichotomisch nahe ihrem blinden Ende getheilten Schläuche unter den letzteren.

Fig. 120.



Senkrechter Durchschnitt aus dem Pylorustheil des Magens mit Natron, welches das Epithel zerstört hat; nur die Membrana propria ist angegeben. V. 200. *A* Zusammengesetzte Magendrüse. *B* Verästelte Pylorusdrüse, den Uebergang zur acinösen Drüsenform darstellend. *p* Papillen oder Zotten der Schleimhautoberfläche.

Die *Pylorusdrüsen* sind verschieden gebaut, je nachdem sie in den 5—7 gebogenen Falten der Schleimhaut, welche vom Pylorus nach links hin ausstrahlen, selbst oder zwischen den Falten in den breiten flachen Thälern der Schleimhaut gelegen sind. In letzteren kommen ausschliesslich die eigentlichen Pylorusdrüsen vor. Sie gleichen in der Form vollkommen den zusammengesetzten Magendrüsen, ihre Ausführungsgänge werden aber durch breitere Schleimhaut-Septa getrennt, welche keine einfachen Drüsenschläuche enthalten. Das Lumen der Drüsenkanäle und ihrer Verzweigungen (Fig. 118 *C*) ist weiter, ihr Epithel niedriger und besteht nur aus Cylinderzellen, indem polygonale oder kegelförmige Zellen ganz fehlen. Indessen ist die Differenz zwischen Ausführungstheil und Drüsenhals ebenfalls vorhanden

und die Cylinderzellen verhalten sich gegen Anilinblau in wässriger Lösung, Carmin, Osmiumsäure, Essigsäure, Mineralsäuren etc. wie die kegelförmigen Zellen der Magendrüsen.

Die acinösen Drüsen sind rund oder eiförmig, 0,5—1 Mm. gross, mit ihrem längsten Durchmesser der Schleimhautoberfläche parallel gerichtet. Sie ragen in die Submucosa hinein und ihre Anwesenheit bedingt die oben erwähnten mit freiem Auge wahrnehmbaren, vom Pylorus ausstrahlenden Falten. Ihr Epithel ist ein niedriges Cylinder-Epithel; genau betrachtet zeigt sich, dass es aus einer einzigen Art von grösseren pyramidenförmigen Zellen besteht, die im Durchschnitt eines Acinus kegelförmig erscheinen, in der Flächenansicht dagegen polygonal, und ein Mosaik bilden wie die Epithelien anderer acinöser Drüsen. Die Acini sind meistens in die Länge gezogen und daher können sie als complicirtere, durch zahlreichere successive Theilungen des Drüsenschlauches gebildete Formen der zusammengesetzten Magendrüsen oder Pylorusdrüsen angesehen werden; zu letzteren finden sich auch Uebergangsformen: verästelte Pylorusdrüsen (Fig. 120 *B*). Auf dem freien Rande der Valvula pylori hören die Pylorusdrüsen plötzlich auf und werden auf der dem Duodenum zugekehrten Fläche der Valvula pylori durch acinöse Drüsen ersetzt.

Bei Thieren kommen die beiden Formen der Magendrüsen und ihre zwei Zellenarten ebenfalls zur Beobachtung. Beim Hunde und Fuchs (F. E. Schulze, 1867) sind die polygonalen Zellen in beträchtlicheren Ausbuchtungen der Schleimhaut gelegen und beim Delphin sowie beim Schwein bilden im tieferen Theil des Drüsenkörpers die nach der Axe des cylindrischen Schlauches hervorragenden sternförmigen Stützzellen förmliche kleine Kammern, deren jede eine polygonale Zelle enthält. Einige Säugethiere, wie die Katze, haben im Pylorustheil ebenfalls acinöse Drüsen; anderen, wie dem Hund oder Kaninchen, fehlen diese. — Die kegelförmigen Zellen waren beim Hunde schon Kölliker (1854) bekannt; ihre wesentlichen Differenzen von den polygonalen entdeckten Heidenhain (1870) und Rollett. — Die Cylinderzellen der Pylorusdrüsen enthalten nach Ebstein (1870) beim Hunde, Kaninchen, Schweine und der Katze Mucin; sie färben sich durch wässriges Anilinblau oder Carmin intensiver als die Epithelien der Schleimhaut selbst; ferner auch intensiver bei verdauenden als bei hungernden Thieren. Sowohl die kegelförmigen Zellen der Magendrüsen, als die Drüsenzellen des Pylorus enthalten nach Grützner (1875) viel Pepsin, wenn sie gross und hell sind, dagegen sehr wenig, wenn sie trübe und geschrumpft: ersteres entspricht dem nüchternen Zustande (beim Hunde, der Katze, Kaninchen und Schwein).

Die Blutgefässe der Magenschleimhaut verhalten sich wie die des Dickdarms (S. 219). — Die Lymphgefässe bilden ein feineres zwischen der Muscularis mucosae und der Drüsenschicht gelegenes und ein gröberes Netz im eigentlichen submucösen Bindegewebe. Die Interstitien zwischen den Drüsen enthalten bis nahe unter die Schleimhautoberfläche aufsteigende Lymphcapillaren, die theils schlingenförmig umbiegen, theils blind und kolbig aufhören; auch kommen Lymphfollikel isolirt, selten zu kleinsten Gruppen vereinigt, in der Submucosa vor. An der Cardia communiciren die Lymphgefässe mit denen der Speiseröhre. Die Lymphgefässstämmchen nehmen zwischen der Serosa und Muscularis verlaufend, ihre Abflussrichtung theils nach der kleinen, theils nach der grossen Curvatur. — Die Nerven des Magens verhalten sich wie die des Darmkanals (S. Nervensystem), doch sind verhältnissmässig mehr doppeltcontourirte Fasern vorhanden; die Ganglienplexus liegen theils in der Submucosa, theils zwischen Längs- und Ringmuskelschicht.

Der *Schleim* des nüchternen Magens enthält nach einer (beim Kaninchen) seltenen Beobachtung sehr zahlreiche polygonale (Lab-) Zellen und abgestossene Cylinder-Epithelien (W. Krause). — Beim Hunde sind ebenfalls Lymphfollikel der Magenschleimhaut vorhanden (Bischoff, 1838), beim Schwein zahlreichere, auch in Form von Peyer'schen Haufen (Wasmann, 1839; Kölliker, 1854).

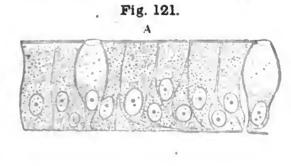
Dünndarm.

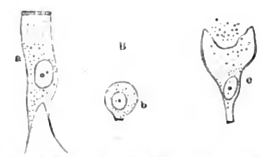
Die Muscularis besteht aus einer äusseren Längs- und inneren Ringmuskellage; in beiden sind zahlreiche feine elastische Fasernetze vorhanden. Die *M. suspensorius duodeni* setzt sich in die Längsmuskellage des linken Endes der oberen Wand der Pars transversa inferior duodeni fort; seine längslaufenden Bündel sind durch lockeres Bindegewebe getrennt und gehen an ihrer oberen Insertion in elastische Sehnen über, die am Ursprunge der Aa. coeliaca und mesenterica superior sich anheften.

Die Schleimhaut des Dünndarms besitzt dicht aneinandergedrängte Zotten, *Darmzotten*. Sie sind von Cylinder-Epithel (Fig. 121) überkleidet, dessen Zellen in einfacher Schicht neben einander stehen. Letztere sind nicht

cylindrisch, sondern auf dem Querschnitt fünf- und häufig sechseckig, so dass zwei einander parallele Seitenkanten weit kürzer sind als die anderen vier. An ihren Seitenwänden durch die Nachbarzellen abgeplattet, verdünnen sie sich nach dem Zottenmantel hin und gehen in einen umgebogenen feinen Fortsatz über, der in die leicht gezähnelte Zottenoberfläche eingezahnt ist. Der Winkel, in welchem die Umbiegung geschieht, ist an der Zottenspitze ein sehr stumpfer und der Faden sehr kurz, an den Flanken der Zotte nähert sich derselbe einem rechten; die zwischen zwei Nachbarzotten stehenden Epithelialzellen haben wiederum kürzere Basalfortsätze. Eine deutliche, den Protoplasmafüssen anderer Cylinderzellen homologe Endanschwellung ist nicht zu erkennen. Die Zellen haben feinkörniges, während der Verdauung fetthaltiger Substanzen mit Fettkörnchen, die öfters in Reihen parallel dem Längsdurchmesser der Zellen geordnet sind, durchsetztes Protoplasma und jede der letzteren hat einen eiförmigen, senkrecht auf die Zottenoberfläche gestellten Kern mit einem oder zwei oder mehreren Kernkörperchen. An ihrer freien, der Darmhöhle zugekehrten Endfläche ist die Cylinderzelle mit einem Deckel ✱ versehen, der aus einer grossen Anzahl feiner durch unmessbare Zwischenräume getrennter starrer pallisadenähnlicher Stäbchen besteht (Fig. 121 *B, a*). An ihrem dem Zellenkörper zugekehrten Ende hängen sie mit der Grenzschicht des Zellenprotoplasma zusammen und können daher nicht als Porenkanälchen betrachtet werden; in der Profilansicht erscheinen sie als gestreifter Grenzsaum, der am ganz frischen ohne Zusatz untersuchten Darm und auch in chromsaurem Kali das Licht stärker bricht als das Zellenprotoplasma. Auf der Flächenansicht zeigen die Deckel, absolut frisch mit sehr starken Immersionslinsen untersucht und in der Richtung vom Darmlumen her gesehen, eine gleichmässige, ihren Stäbchen entsprechende feine Punktirung: letztere sind nicht etwa am Rande der Zelle in eine ringförmige Reihe geordnet. Zwischen den gewöhnlichen stehen in regelmässigen Abständen Becherzellen (Fig. 121 *A, B c*), und die seitliche Begrenzung der letzteren setzt sich scheinbar continuirlich in den Grenzsaum der benachbarten Cylinderzellen fort. Ausserdem sitzen zwischen den dünneren Parthien der Cylinderzellen hier und da niedrige, mehr kuglige Ersatzzellen (Fig. 121 *B b*). In Wasser und dünnen wässrigen Lösungen quellen die Cylinderzellen bauchig auf.

Fig. 121.





Cylinder-Epithel vom Ueberzug einer Dünndarmzotte. Frisch in H. Müller'sche Flüssigkeit gelegt. *A* V. 600/450. Die Zellen in ihrer Lage; sie zeigen am freien Rande einen fein quergestreiften Saum, dazwischen zwei bauchige helle Becherzellen; der Basalfortsatz der einen ist rechtwinklig umgebogen, parallel der Basalmembran, auf welcher sie aufsitzen. *B* V. 1000/600. Isolirte Zellen in 1 % Osmiumsäure. *a* Cylinderzelle mit zwei Basalfortsätzen; die freie Fläche ist mit kurzen starren Stäbchen besetzt. *b* Ersatzzelle der tiefsten Schicht, deren nach unten gerichteter Protoplasmafuss gezähnelt ist. *c* Geplatzte halbzerstörte Becherzelle, aus welcher Körnchen austreten.

Becherzellen ✱ mit körnigem Inhalt lassen denselben aus ihrem freien Ende unter diesen Umständen theilweise hervortreten, was zur Annahme von fadenförmigem Ausstrecken ihres Stäbchenbesatzes, um Fettkörnchen etc. zu fangen, für die gewöhnlichen Cylinderzellen der Zotte Veranlassung gegeben zu haben scheint (v. Thanhofer, 1873, beim Frosch). ✕ — Durch Fäulniss, Maceration oder Abstreifen trennen sich die Zellenkörper von ihren Fort-

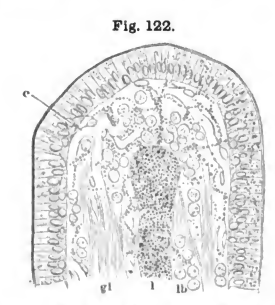
✱ F. E. Schulze. Epithel- und Drüsen-Zellen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 3. p. 180, 1867. deutet den Saum (Deckel) als „eine secret-ähnliche Masse", mit feinen Canälchen (nicht Stäbchen) durchsetzt.

✕ v. Thanhofer, Pflüger's Arch. f. Phys. Bd. 8, p. 391. 1874. findet [illegible]

sätzen, die an der Zotte haften bleiben; die Zellen haben dann scheinbar ein abgerundetes Ende an der Trennungsstelle. Die Streifung des Grenzsaumes oder Basalsaumes wurde von Kölliker* und Funke* (1855) entdeckt; die Stäbchen sind starren Cilien zu vergleichen, wie denn im Darmkanal von Amphioxus und Petromyzon (auch im Oesophagus der Amphibien) wirkliches Flimmer-Epithel vorkommt. — Tinca chrysitis hat quergestreifte Muskelfasern der Darm-Muscularis (Reichert, 1841). — Beim Frosch finden sich innerhalb der Zotten-Epithelzellen, namentlich des oberen Dünndarms der Winterfrösche öfters runde, gelbliche, gegen Wasser etc. resistente Körperchen: es sind vielleicht in Resorption begriffene Gallenfarbstoffmassen.

Das Gewebe der Zotte (Fig. 122) selbst ist weitmaschiges reticuläres Bindegewebe und mit zahlreichen Lymphkörperchen dicht infiltrirt. Während der Verdauung fetthaltiger Substanzen wird es von anastomosirenden netzförmigen, aber hauptsächlich zur Zottenoberfläche senkrecht gestellten Fettkörnchenreihen durchsetzt, die in das centrale Chylusgefäss (S. 216) einmünden. Sie finden sich besonders reichlich an der Zottenspitze. Die Grenze der Zotte gegen ihr Epithel lässt nach Silberbehandlung eine sehr unregelmässige Endothel-ähnliche Zeichnung erkennen; im frischen Zustande ist sie nicht stärker lichtbrechend als die Substanz der Zotte selbst und fein gezähnelt. Nahe unter der Oberfläche erstreckt sich von der Zottenbasis bis gegen die Spitze eine dünne mantelförmige Lage glatter Muskelfasern (Fig. 122 *gl*), die von spindelförmiger Gestalt sind und nach aussen noch von einzelnen quergestellten Muskelfasern umgeben werden.

Fig. 122.



Oberes freies Ende einer Dünndarmzotte der Ratte, in Verdauung begriffen, frisch, ohne Zusatz. V. 1000/70. *c* Leere Blutcapillaren. *l* Chylusgefäss in der Zottenaxe mit Fettkörnchen des Chylus gefüllt und kolbigem Ende, in welches feine sternförmig verästelte Chylusbahnen münden. *gl* Glatte Längsmuskelfasern der Zotte. *lb* Reticuläres Bindegewebe der Zotte mit rundlichen Lymphkörperchen infiltrirt.

Im Ruhezustande sind die Darmzotten platt, mehr blattförmig; schon durch die physiologische Congestion während der Verdauung oder wenn ihre Blutgefässe mit Injectionsmasse gefüllt werden, richten sie sich auf, werden länger, mehr kegelförmig (ihr Querschnitt kreisförmig), mit abgerundeter Spitze. Contraction der Zotten-Musculatur, mag sie nun periodisch bei der Verdauung oder durch Eintauchen in manche Reagentien unmittelbar nach dem Tode zu Stande kommen, macht die Zotten ebenfalls kegelförmig, aber niedriger und dicker, als sie in der Ruhe sind. Ueber ihre Blut- und Lymphgefässe s. unten (S. 215 und 216).

An Darmzotten vom Hunde lässt sich die von Moleschott (1859) beschriebene, bei diesem Thiere stärker entwickelte oberflächliche Ringmuskellage schon durch Carminfärbung in Alkoholpräparaten bestimmt nachweisen. — Beim Menschen haben die Kerne der glatten Muskelfasern sowohl in der Längs- als Querlage an injicirten, mit Alkohol, Carmin, Chlorwasserstoffsäure, Nelkenöl, Canadabalsam behandelten Präparaten meist 0,0115 Länge auf 0,0018 Dicke, während die Capillargefässkerne 0,0077 Länge zu 0,0028 Breite messen und beide Arten ihre Form wie im frischen Zustande beibehalten. Sie sind mithin unter sehr starken Systemen leicht unterscheidbar. — In die Zottenbasis sah W. Krause (1861) bei der Gans isolirte blasse *Nervenfasern* eintreten, welche für deren glatte Muskelfasern bestimmt zu sein schienen. Im Gewebe der Zotten fand v. Thanhofer (1873) Zellen, die mit Ganglienzellen, von der Grösse abgesehen, keine Aehnlichkeit haben: sie sind, frisch untersucht, sparsam vorhanden, ihre Form etwas eckig. Mit den Basalfortsätzen der Cylinder-Epithelien verbinden sich keine Nervenfasern.

Die Drüsen des Dünndarms werden als acinöse Brunner'sche, schlauchförmige Lieberkühn'sche und geschlossene solitäre Lymphfollikel, resp. Peyer'sche Haufen von solchen unterschieden.

Die **Brunner'schen Drüsen**, traubenförmige Darmdrüsen, Duodenaldrüsen, kommen nur dem Duodenum zu. Sie stehen dicht gedrängt in der Pars transversa superior, vereinzelt im übrigen Duodenum und hören an dessen

* Kölliker, Verhandlungen d. Würzburger Gesellschaft, Bd. VI. u. VII. und Funke, Siebold u. Kölliker's Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. VI, 1855. p. 322.

Brücke, Denkschriften d. math.-naturw. Klasse d. K. Acad. d. Wissensch. zu Wien, VI. Bd. 9. 1857 [illegible]

Heidenhain [illegible]

unterem Ende auf. Sie liegen sowohl in der Dicke der Schleimhaut, als in das submucöse Bindegewebe eingebettet und können bis an die Muskelhaut des Darmkanals reichen. Ihre Ausführungsgänge sind bindegewebig mit unterscheidbaren Längs- und Ringfasern, tragen Cylinder-Epithelien, wie die der Acini, die sich jedoch nach dem freien Ende des Ausführungsganges hin intensiver durch Carmin färben lassen und hierin den Zotten-Epithelien gleichen (S. unten). Die Gänge theilen sich wiederholt im Innern der Drüse und ihre Aeste verlaufen wie sie selbst, stark gewunden. In Folge der Theilungen kann man kleinere und grössere: primäre, secundäre und tertiäre Läppchen an jeder Drüse unterscheiden. Die feinsten Aestchen endigen mit zwei bis drei, meist an der Drüsen-Peripherie gelegenen Acini; die stärkeren sind mit solchen seitlich hier und da besetzt. Ihr Bau erinnert am meisten an die verästelten Pylorusdrüsen (Fig. 120 *B*); nur sind die Theilungen und Windungen der Ausführungsgänge viel zahlreicher, und sind sie überhaupt den acinösen Drüsen zuzurechnen. Die Ausführungsgänge endigen zwischen den Zellen der Acini mit feinen Kanälchen, Drüsencapillaren. Diese letzteren besitzen keine Membran, dringen als cylindrische Röhren vom Lumen jedes Acinus aus zwischen dessen Zellen gegen die Peripherie vor und bilden hier, von der Membrana propria durch die platten Basalfortsätze der Drüsenzellen getrennt bleibend, ein zierliches, in der Flächenansicht sichtbares Netz. Mit den Knotenpunkten der engen polygonalen Maschen der letzteren hängen die in radiärer Richtung zwischen den Cylinderzellen der Acini verlaufenden Drüsencapillaren (S. 37) zusammen.

Die Membrana propria der Acini und feineren Ausführungsgänge erweist sich nach Silberbehandlung aus platten polygonalen Endothelien zusammengesetzt. Ihre Drüsenzellen haben cylindrische Zellenkörper mit einem ellipsoidischen Kern an der Basis und unterhalb desselben ebenso wie die Lieberkühn'schen Drüsen (Fig. 123) schräg abgehende platte, in der Seitenansicht schnabelförmige Fortsätze. Das Protoplasma enthält ausser Eiweiss noch Mucin, welches durch Essigsäure gerinnt und sich im Ueberschuss nicht löst, ferner Fettkörnchen, viele andere Körnchen, die in Essigsäure, Chromsäure, chromsaurem Kali, Alkalien, Glycerin löslich sind, und sich durch Jod oder Carmin nicht färben lassen, was bei Anwendung des letzteren mit dem Protoplasma — nur in weit geringerem Grade als bei den Zellen der Zotten und Lieberkühn'schen Drüsen — der Fall ist. In dieser Hinsicht gleichen die Zellen den kegelförmigen der Magendrüsen. Endlich enthält ihr Protoplasma einen durch Kochen, Alkohol oder Chlorwasserstoffsäure gerinnenden, in 10%igem Chlornatrium löslichen Eiweisskörper, der auch in den Drüsencapillaren (S. 37) enthalten ist. Der Inhalt der letzteren gerinnt spontan, durch Alkohol, Chromsäure, chromsaures Kali und ist dann gegen verdünnte Säuren oder Alkalien resistent.

Fig. 123.



Zwei Zellen aus einer Lieberkühn'schen Drüse des Dickdarms; H. Müller'sche Flüssigkeit. V. 600/250. Das basale Ende geht in länglich zugespitzte, fast rechtwinklig umgebogene Fortsätze über, mit welchen die Zellen ursprünglich der Drüsenmembran aufsitzen.

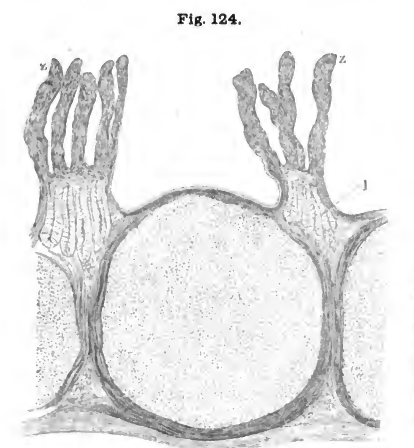
Die **Lieberkühn'schen Drüsen**, blinddarmförmige Drüsen, Crypten, beginnen etwa 3 Mm. von der Valvula pylori entfernt, bis wohin nur Brunner'sche vorhanden sind. Sie sind schlauchförmig wie die einfachen Magendrüsen, aber kürzer und weniger dick; sie bilden dicht an einander gedrängt eine continuirliche Schicht durch die ganze Ausdehnung der Schleimhaut mit Ausnahme der Stellen, wo Lymphfollikel sitzen (Fig. 124). Nach dem blinden Ende zu sind ihre von einer zarten Membrana propria gebildeten Schläuche mit-



unter gebogen, spiralförmig oder mit einer Ausbuchtung versehen. Auch der Dicke nach nehmen diese Drüsen den grössten Theil der Mucosa ein und münden zwischen den Zotten, deren Basis kranzförmig umgebend. Das Zotten-Epithel setzt sich continuirlich in die Drüsen fort, aber die Zellen sind an ihrem dem Drüsenlumen zugekehrten Ende etwas dicker als am entgegengesetzten und diese Endfläche entbehrt eines Stäbchenbesatzes. Ferner werden die dünnen Basalfortsätze kürzer, breiter und schnabelförmig; der Kern (S. 12) rückt dadurch dem festsitzenden Zellenende näher; das Protoplasma trübt sich nicht in H. Müller'scher Flüssigkeit, der Stäbchenbesatz der freien Zellenoberfläche ist weniger deutlich. Ersatzzellen und Becherzellen sind auch in den Lieberkühn'schen Drüsen in regelmässigen Abständen vorhanden; auf Querschnitten erscheint das Drüsenlumen rundlich (Fig. 128).

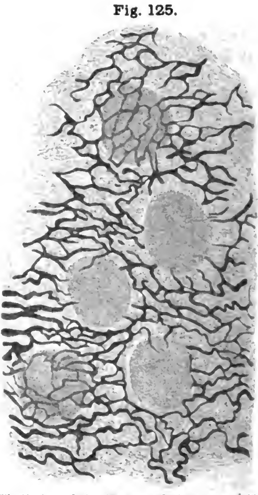
Die **Peyer'schen Haufen,** Peyer'sche Drüsen, aggegrirte Drüsen, sind Haufen von Lymphfollikeln, die dicht neben einander in der Schleimhaut sitzen und durch die Submucosa bis unmittelbar an die Muskelhaut reichen. Die Follikel sind nicht genau kuglig, sondern nach der letzteren hin etwas dicker, bauchig; an der Schleimhautoberfläche ragen sie kuppenförmig hervor (Fig. 124). In Folge dieses Umstandes erscheinen sie bei Einstellung

Fig. 124.



Senkrechter Durchschnitt eines Follikels aus einem Peyer'schen Haufen. Alkohol. V. 60. *z* Darmzotten, die auf der Follikelkuppe fehlen. *l* Lieberkühn'sche Drüsen. Die angrenzenden beiden Follikel sind nur zum Theil dargestellt.

Fig. 125.



Theil eines freien Horizontalschnitts aus einem Peyer'schen Haufen, Lymphgefässe injicirt. V. 25.

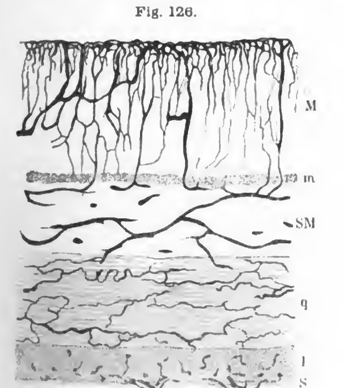
des Microscops auf die Kuppen von der Darmhöhle her in geringer Entfernung von einander (Fig. 125). Sie werden allseitig von einer Bindegewebshülle umschlossen; zwischen ihren zottenlosen Kuppen erheben sich drei bis fünf, meist aber vier Dünndarmzotten, und die Zahl der letzteren steht zu derjenigen der Follikel etwa in demselben Verhältniss, wie die Zahl der

Zapfen zu den Stäbchen der Retina (S. 167). Auch zwischen den Basen dieser Zotten dringen kürzere Lieberkühn'sche Drüsen in die Tiefe. Dieselben Anordnungen finden sich an den *Solitärfollikeln.*

Bei manchen Säugethieren, z. B. dem Kaninchen, erhebt sich statt der Zottenkuppe eine grössere kegelförmige, dickere, aber niedrigere Zotte im Centrum der umgebenden Darmzotten von der Oberfläche des Follikels. Sie besteht aus reticulärem Bindegewebe, ist stark mit Lymphkörperchen infiltrirt, und diese Infiltration setzt sich continuirlich in den Follikel selbst fort, der also nach dem Darmlumen hin seine Begrenzung erst an der Zottenoberfläche findet. Die flache Zottenkuppe des Menschen ist offenbar jener grösseren Zotte homolog. — Bei kleineren Säugethieren (z. B. Kaninchen) wird die Muscularis der Submucosa von den Follikeln nicht durchbrochen, was bei grösseren (z. B. dem Rinde) wie beim Menschen der Fall ist. — Während lebhafter Resorption fetthaltiger Substanzen bei saugenden Thieren füllen sich die Follikel der Peyer'schen Haufen mit Fettkörnchen, wodurch der Zusammenhang ihrer Hohlräume mit den umspinnenden Chylusgefässen bewiesen wird (Brücke, 1855; Kölliker, 1859; W. Krause, 1861).

Die Muscularis der Mucosa besteht aus glatten Muskelfasern, erstreckt sich zwischen den blinden abgerundeten Enden der Lieberkühn'schen Drüsen, dieselben netzartig umflechtend, jedoch mit vorwiegend longitudinalem Verlauf ihrer Bündel (Fig. 126 *m*). Von den Kuppen der Solitärfollikel wird sie durchbrochen. Das Bindegewebe der Schleimhaut selbst ist reticulär und mit zahlreichen Lymphkörperchen infiltrirt. — Die *Submucosa* s. Nervea ist aus lockerem, fasrigem Bindegewebe gebildet; sie quillt stark in verdünnten Säuren und enthält sehr viele Blut-, Lymphgefässe und Nerven.

Fig. 126.



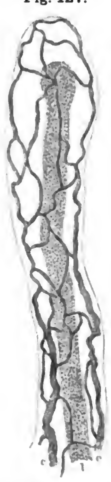
Querschnitt des Dickdarms senkrecht auf die Längsaxe, Blutgefässe injicirt, Alkohol, Hämatoxylin, Canadabalsam. V. 80/30. *M* Eigentliche Schleimhaut mit den Gefässen, welche die Lieberkühn'schen Drüsen umspinnen. *m* Muskellage der Mucosa (im Holzschnitt zu dunkel ausgefallen). *SM* Submucosa. *q* circuläre Schicht der Muskelhaut mit sparsamen längslaufenden Capillargefässmaschen. *l* longitudinale Schicht. Capillaren darin meist quer durchschnitten, Dickendurchmesser dieser Schicht, sowie von *m* schematisch. *S* Serosa, welche die zutretenden stärkeren Gefässe einhüllt.

Die Blutgefässe des Dünndarms (S. auch Fig. 126) treten von der Anheftungsstelle des Mesenterium, innerhalb der Serosa verlaufend, in die Darmwand. Ziemlich senkrecht durchbohren die Arterien, jede nebst einer oder zwei Venen, die Längs- und Ringmuskellage, denselben successiv Aeste gebend, die relativ sparsame Netze bilden. Die polygonalen Capillarmaschen folgen der Muskelfaserrichtung. In der Submucosa angelangt, verlaufen die Arterien, von einfachen Venen begleitet, wesentlich der Schleimhautfläche parallel, und beider Aeste anastomosiren mit benachbarten, bilden ein weitmaschiges, in der Ebene der Submucosa ausgebreitetes Netz mit rundlich polygonalen Maschen. Die Arterien senden dann senkrecht aufsteigende arterielle Aestchen in die Zottenbasis, je eine arterielle Capillare in jede, während eine bis zwei venöse an anderen, meist gegenüberliegenden Stellen der Zottenbasis die letztere verlassen. Unter zahlreichen Anastomosen durchzieht ein dicht unter der Oberfläche gelegenes Schlingenmaschennetz (Fig. 127) die Peripherie der Zotte, deren Inneres ganz frei bleibt. Die arterielle Capillare beginnt erst in halber Länge der Zotte seitliche Aeste abzugeben, so dass die Capillarnetze weiter nach der Zottenbasis hin venösen Charakter haben; die Vene dagegen fängt schon in der Zottenspitze an. Da die stärkeren Gefässe den Zotten zustreben, so verlaufen sie zwischen den Lieberkühn'schen Drüsen, deren Längsrichtung folgend, umringen deren Mündungen

mit polygonalen Maschen, während in der Dicke der Schleimhaut und auch in der Submucosa nur wenige schräg gerichtete Capillar-Anastomosen stattfinden. Dagegen werden die Schläuche und Acini der Brunner'schen Drüsen durch engere polygonale Capillargefässmaschen umsponnen, von denen die stärkeren Capillaren eine aus Inoblasten bestehende Adventitia besitzen.

Beim Schwein, Hund, Igel und der Katze beginnt die Vene erst nahe der Zottenbasis und nimmt zahlreichere Capillaren von den Lieberkühn'schen Drüsen her auf; beim Kaninchen und der Ratte liegt ihr Anfang nahe der Zottenspitze, während die arterielle Capillare bei allen genannten Thieren unverästelt bis zur Spitze reicht (Heller, 1872).

Fig. 127.



Dünndarmzotte injicirt, Epithel entfernt, Blutgefässe dunkel. V. 120/25. *l* Lymphgefäss, körnig aussehend, in der Axe der Zotte verlaufend. *c* Stärkere arterielle (rechts venöse) Capillare.

Die **Lymphgefässstämme** des Mesenterium besitzen Klappen; sie verlaufen, am Dünndarm angelangt, öfters als subseröse Lymphgefässe noch eine Strecke weit der Längsrichtung des Darmes folgend, zwischen den Blättern der Serosa. Dann durchsetzen sie die Muscularis, bilden in deren Längsschicht ein weitmaschiges einfaches Netz und ferner ein ebensolches, aber aus relativ dicken, gewöhnlich zusammengefallenen, daher platten Lymphgefässen bestehendes Geflecht zwischen Längs- und Ringmuskellage. In der letzteren finden sich mehrere über einander gelagerte Lymphcapillarnetze, deren Maschen von unregelmässiger, länglich-polygonaler Form sind. Hauptsächlich in der Gegend des angehefteten Darmrandes durchbohren viele Lymphgefässe senkrecht auf die Ebene der Ringsmuskellage die letztere und treten in die Submucosa ein. Diese ist ausserordentlich reich an Lymphgefässen, daher als Stratum vasorum absorbentium bezeichnet; erstere verlaufen in deren Ebene, treten in radiärer Richtung zwischen den Muskelfasern der Muscularis mucosae hindurch oder umbiegen deren Bündel, wo solche vorhanden, stehen auch in der Gegend der Anheftungsstelle des Mesenterium durch stärkere, direct die Muskelhaut durchbohrende Lymphgefässe mit den subserösen Stämmchen in Verbindung. Das submucöse Lymphgefässnetz sendet einfache, in der Zottenaxe gelegene Zweige in die Zotte. Bis in die Nähe der Zottenspitze (Fig. 122, Fig. 127) verläuft das Lymphgefäss, Chylusgefäss, ungetheilt und endigt kolbig abgerundet. Die (S. 212) beschriebenen, während der Verdauung fetthaltiger Substanzen vorhandenen Streifen und Reihen von Fettkörnchen communiciren nicht nur mit dem blinden Ende, sondern senken sich auch in die seitliche Peripherie des Chylusgefässes. So passirt das Fett in unverseifter Form die Cylinderzellen, sowie das Zottengewebe, und der Chylus wird dann durch Contraction der glatten Zotten-Musculatur weiter befördert. Bei stärkerer Fettresorption zeigt sich das ganze reticuläre Bindegewebe der Zotte ziemlich gleichmässig mit Fettkörnchen infiltrirt; sie liegen zwischen den Lymphkörperchen dieses Gewebes, und dieselben Bahnen können durch Resorption mit löslichem Berlinerblau gefüllt werden, so dass die Interstitien zwischen den Lymphkörperchen netzförmig ausgefüllt und das darin enthaltene Bindegewebsmaschenwerk verdeckt wird. Analog verhält sich das mit Lymphkörperchen infiltrirte reticuläre Bindegewebe in der Umgebung der Lieberkühn'schen Drüsen. Breitere Zotten enthalten mitunter zwei, bogenförmig in einander übergehende, oder ausserdem durch einen Querast verbundene Chylusgefässe. Alle diese Gefässe sind mit den gewöhnlichen Lymphgefäss-Endothelien ausgekleidet, welches Endothel sich nach Silberbehandlung von der (S. 212) erwähnten Zeichnung der Zottenoberfläche schon durch seine Schärfe und seine Lage in der Zottenaxe unterscheidet. Wenn leere Darmzotten in frischem Zustande vorsichtig mit verdünnter Natronlauge behandelt und mit sehr starken Vergrösserungen betrachtet werden, so wird auch ohne Silber die endotheliale Begrenzung des Chylusgefässes in Form einer feinen doppeltcontourirten Linie sichtbar. — Auch das lockere Bindegewebe in der Umgebung der Brunner'schen Drüsen, sowie ihrer Acini selbst und die Räume zwischen ihren primären und secundären Läppchen werden von Lymphspalten eingenommen. — Ueber die **Nerven** des Dünndarms und Dickdarms s. Nervensystem.

Wenn die beschriebenen wandungslosen Chylusnetze in der Zottenspitze stark mit Chylus gefüllt sind, so machen sie wegen ihres Zusammenhanges mit dem eigentlichen Chylusgefäss leicht den Eindruck, als ob das letztere netzförmig endigte (C. Krause, 1837; E. H. Weber, 1847; Nuhn, 1849; Funke, 1853; Zenker, 1855; v. Recklinghausen, 1862; W. Krause, 1864). Die Wandung desselben wurde im frischen Zustande von W. Krause (1855) als doppeltcontourirt, ihre Zusammensetzung aus Endothelien durch v. Recklinghausen (1862) erkannt. — Bei gemästeten Thieren (Schaf, Teichmann, 1861; Schwein, Auerbach, 1865) sind die Lymphgefässplexus der Sub-

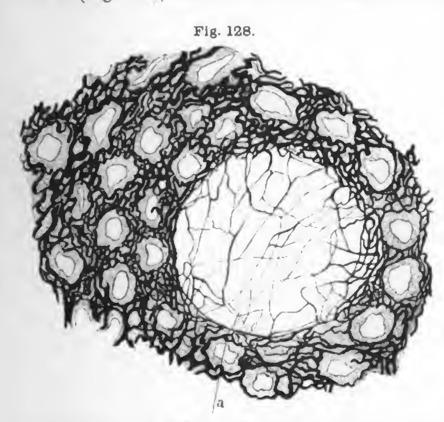
mucosa sehr dicht und an den Knotenpunkten Sinus-artig erweitert. Beim Schaf kommen als Regel breitere mit mehreren durch Queräste verbundenen Chylusgefässen (Teichmann, 1861) versehene Zotten vor; ebenfalls einzelne solche beim Hunde (Goodsir, 1842), Wiesel, der Ratte (Brücke, 1853—1855) und bei Vögeln (Hyrtl, 1860). — Während der Resorption von löslichem, mit Hühnereiweiss, Wasser und etwas Natronlauge versetztem Berlinerblau, dessen Farbe nachher durch Chlorwasserstoffsäure hervorgerufen wird, füllen und färben sich nicht nur die Interstitien des reticulären Bindegewebes der Zotten (S. 216), sondern auch die Umhüllung der Zottenmuskeln, das Innere der Becherzellen, das ihren Kern umgebende Protoplasma und der gegen die Zotte selbst gerichtete Zellen-Ausläufer (Zawarykin, 1869). Bei denselben Methoden färben sich die Grenzen der Endothelien in den Lymphgefässen der Muskelhaut; ihre Kerne werden z. B. durch Maceration in 30%igem Holzessig sichtbar (Auerbach, 1865).

Dickdarm.

Die Längsfaserschicht der **Muscularis** ist zwischen den Taeniae coli sehr dünn; sie geht an der Valvula coli in die des Dünndarm-Endes über, mit elastischen Sehnen gegen dessen Ringmuskelhaut ausstrahlend. Der Zusammenhang mit der Taenia medialis des Colon adscendens ist besonders ausgesprochen. Die Ringmuskelhaut ist gleichmässig dick bis zum unteren Ende des Dickdarms; sie bildet mit der des Dünndarms gemeinschaftlich die ringförmig angeordnete Muskellage der Valvula coli; die Längsmuskelschichten beider Därme gehen ebenfalls in einander über.

Die **Schleimhaut** unterscheidet sich durch das Fehlen der Zotten von der Dünndarmschleimhaut, erstere hören am scharfen Rande der Valvula coli auf. Siebförmig von den Mündungen der Lieberkühn'schen Drüsen durchbrochen (Fig. 128), welche nach dem Rectum hin an Länge zunehmen, ist sie in deren Interstitien von demselben mit Deckeln versehenen Cylinder-Epithel incl. Becherzellen überkleidet, wie die Dünndarmzotten. Unter dem blinden Ende dieser Drüsen liegt die dünne Muscularis mucosae; die Submucosa gleicht derjenigen des Dünndarms. Ausser den Lieberkühn'schen Drüsen finden sich nur noch solitäre Lymphfollikel in verschiedener Anzahl über den ganzen Dickdarm zerstreut: und sehr dicht gedrängt, so dass ihre Distanz von einander dem Durchmesser der Follikel kaum gleichkommt, im Processus vermiformis. Peyer'sche Haufen fehlen. Die Kuppen der Follikel bleiben von Lieberkühn'schen Drüsen frei, und die Follikel werden somit durch eine flache Einsenkung der Schleimhaut bezeichnet.

Fig. 128.

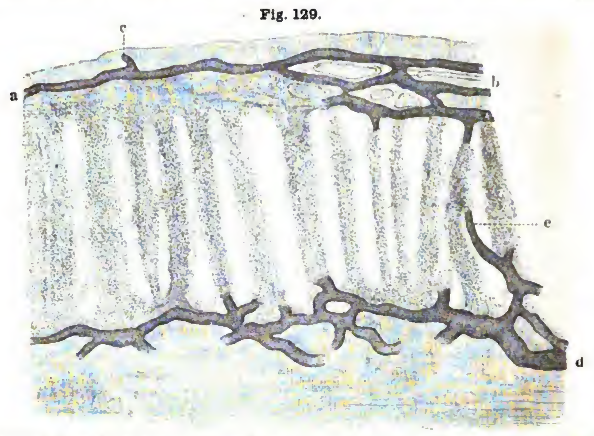


Dickdarmschleimhaut, Blutgefässe injicirt, von oben gesehen, mit den Capillargefässen im Innern eines solitären Lymphfollikels und den Mündungen der Lieberkühn'schen Drüsen, deren Epithel körnig erscheint. V. 70. *a* Ringförmiges Blutgefäss am Follikelrande.

Noch dichter als beim Menschen und sich fast berührend stehen die Follikel im Processus vermiformis z. B. des Kaninchens. Bei diesem Thiere sind im oberen Viertel des Colon grössere Zotten vorhanden, deren Oberfläche Lieberkühn'sche Drüsen enthält.

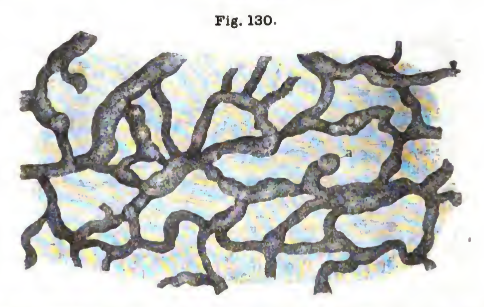
Die Blutgefässe des Dickdarms verhalten sich in der Nähe der Serosa und in der Muskelhaut wie im Dünndarm. Stärkere Arterien laufen, jede von einer Vene begleitet,

Fig. 129.



Lymphgefässe in der Schleimhaut vom oberen Ende des Colon der Katze, mit Leim und Chromgelb injicirt. Alkohol, Essigsäure, Glycerin. V. 100. Senkrechter Durchschnitt. *a* Oberflächliche Lymphgefässe, von denen nur ein einziges auf einem genau senkrecht geführten Schnitte sichtbar ist. Bei *b* ist der Schnitt ein wenig schräg gefallen, so dass die Schleimhaut etwas von oben gesehen wird und die Mündungen der Lieberkühn'schen Drüsen erscheinen. *c* Kurzer blinder Ausläufer, nach der freien Schleimhautoberfläche hervorragend. *d* Lymphgefässe im submucösen Bindegewebe. *e* Ein durchschnittener Verbindungsast zwischen dem oberflächlichen und tiefen Netze.

Fig. 130.



Lymphgefässe im submucösen Gewebe der oberen Colonpartie vom Kaninchen, mit Leim und gelbem chromsauren Bleioxyd (Chromgelb) injicirt. Alkohol, Essigsäure, Glycerin. Flächenansicht. V. 100. *a* blinder kolbiger Ausläufer, gegen die freie Schleimhautoberfläche hin hervorragend.

der Oberfläche mehr parallel in der Submucosa und senden ziemlich senkrecht aufsteigende grössere Capillaren in die Schleimhaut, die zwischen den Lieberkühn'schen Drüsen mehr

geradlinig gegen die freie Schleimhautfläche streben. Auf ihrem Wege (Fig. 126) geben sie nur sparsame Capillaren zwischen den Drüsen ab, durch welche die ersteren in schräger Richtung mit einander anastomosiren. In den niedrigen Schleimhautwülsten, von welchen die Drüsenmündungen umgeben werden, verlaufen jedesmal mehrere Capillaren, mit regelmässigen polygonalen Maschen (Fig. 128) die ersteren umspinnend.

Die Lymphgefässe der Muskelhaut verhalten sich wie im Dünndarm; sie sind als tiefes Netz in der Submucosa reichlich entwickelt. Als oberflächliches Netz umgreifen sie mit polygonalen Maschen jedesmal mehrere Lieberkühn'sche Drüsenmündungen (Fig. 129, *b*) und senden ganz kurze, abgerundete, blinde Ausläufer (Fig. 129 *c*. Fig. 130 *a*) bis dicht unter die freie Schleimhautoberfläche. Das oberflächliche hängt mit dem tiefen Lymphgefässnetz durch sparsame schräge Aeste (Fig. 129 *e*) zusammen; die im Coecum und Processus vermiformis (S. 217) besonders zahlreichen Solitärfollikel werden an ihrer ganzen Oberfläche von einem dichten Lymphgefässnetz umsponnen, welches nur ihre Kuppen freilässt (Fig. 125). — Die Lymphgefässe der Valvula coli bilden ein enges oberflächliches Netz und communiciren mit denjenigen des Dünndarms (W. Krause).

Mastdarm.

Am unteren Ende des Rectum verdickt sich die Ringschicht der Muscularis zu dem aus glatten Muskelfasern bestehenden *M. sphincter ani internus.* Mit der Längsmuskelhaut hängen die Ausstrahlungen der aus glatten Fasern bestehenden *Mm. rectococcygei* zusammen, zum Theil perforiren sie auch die ersteren und verlieren sich in der Ringmuskelhaut. Einzelne Bündel der Längsmusculatur durchsetzen die circulären, das Ende der Muskelhaut des Rectum von der äusseren Haut trennenden und aus quergestreiften Bündeln bestehenden Faserzüge des *M. sphincter externus.* Die Dicke des letzteren übertrifft die des M. sphincter internus und kann das Doppelte betragen.[1] Die erwähnten Längsbündel verlieren sich dann mit elastischen Sehnen im Unterhautbindegewebe der Umgebung des Orificium ani.

Die Schleimhaut hat im oberen Theile des Rectum Cylinder-Epithel und verhält sich überhaupt wie im Dickdarm; nur dass die Lieberkühn'schen Drüsen noch länger sind. Mit dem Auftreten der Columnae Morgagni geht das Cylinder-Epithel mittelst einer etwa 0,2 breiten Zone resp. Demarcationslinie von Uebergangs-Epithel (S. 28) in geschichtetes Platten-Epithel über; zugleich beginnen Papillen, theils einfache, theils zusammengesetzte; in der Basis der Columnae sind Bündel glatter Längsmuskelfasern und in ihnen selbst viele elastische Faserbündel enthalten. Die Mündungen der Lieberkühn'schen Drüsen erscheinen im ganzen Rectum theilweise sehr weit; mit dem Beginn der Columnae hören diese Drüsen auf: die untersten sind ein wenig schräg nach oben gerichtet. Der M. sphincter ani internus liegt ungefähr zur Hälfte oberhalb der annähernd ringförmigen Linie, welche das Aufhören der Drüsen bezeichnet.

Der Uebergang der Schleimhaut in die äussere Haut geschieht allmälig, indem sich letztere verdünnt, aber mit reichen elastischen Fasernetzen ausgestattet bleibt. Die Haare und Talgdrüsen hören plötzlich auf; über ihre Schweissdrüssen oder Circumanaldrüsen s. S. 107.

Die Blutgefässe des Rectum vertheilen sich wie die des Colon; weitere Venen bilden zwischen dem oberen Theile des M. sphincter internus und den untersten Drüsenreihen des Rectum dichtere microscopische Plexus in der Submucosa. In jede der Papillen geht eine capillare Gefässschlinge. — Die Lymphgefässe verhalten sich wie im Dickdarm; Solitärfollikel sind zahlreich; am Orificium ani hängen erstere mit denjenigen der äusseren Haut in continuirlichen Netzen zusammen. Ob Lymphcapillaren in die Papillen eintreten, ist nicht bekannt. — Die Nerven sind zahlreich, verlaufen in der Submucosa, bestehen aus doppeltcontourirten Fasern und endigen mit kugligen Endkolben, die an der Basis der Papillen gelegen sind.

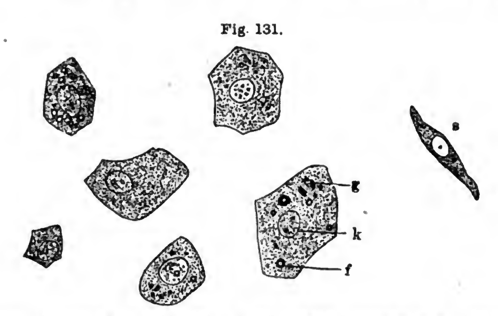
[1] Nach Robin und Cadiat (1874) schlägt sich der laterale untere Rand des M. sphincter ani externus auf dem Durchschnitt hakenförmig nach oben um, so dass das wahre Ende des Sphincters etwa 5—8 Mm. oberhalb

der Umbiegungsstelle liegen würde. Nahe der Medianebene vermindert sich vorn und hinten die umgeschlagene Parthie oder verschwindet ganz. Der M. sphincter ani internus reicht etwa 6—12 Mm. weiter abwärts, als die Drüsen des Rectum: der externus noch um 5—6, seltener bis 10 Mm. mehr und bleibt derselbe von der äusseren Haut ca. 2—3 Mm. entfernt. Die untere Parthie des Sphincter internus wird vom oberen Theile des externus umgürtet, aber durch die erwähnten Längsbündel getrennt.

Leber.

Die Hauptmasse oder das eigentliche Parenchym der Leber besteht aus Leberzellen (Fig. 131). Dies sind membranlose weiche Zellen mit

Fig. 131.



Polyedrische Leberzellen isolirt, mit Wasser. V. 1000. *g* gelbe Farbstoffkörnchen. *f* Fettkörnchen. *k* Kern der Zelle, deren Protoplasma fein granulirt ist. *s* spindelförmige Leberzelle.

einfachem, seltener doppeltem Kerne, die, lebend untersucht, schwache amöboide Formänderungen darbieten. Ihre Form ist unregelmässig polyedrisch, wechselnd und mannigfaltig veränderlich durch gegenseitigen Druck. Meist sind sie vier- bis sechsseitig, in der Flächenansicht länger als breit und etwas breiter als dick, also nur wenig abgeplattet. Es kommen auch fünf- bis sieben-eckige Flächenbegrenzungen vor; die Winkel sind meist abgerundet, die Seitenkanten verschieden lang. Ausserdem finden sich einzelne spindelförmige Leberzellen (Fig. 131 *s*) zwischen den übrigen: mitunter noch länger und schmaler als die abgebildete; sie sind drehrund oder ein wenig abgeplattet und weder Seitenansichten platter polygonaler Leberzellen, noch Inoblasten. Ihre Kerne sind eiförmig, dagegen diejenigen der polyedrischen Leberzellen fast kuglig, nur wenig abgeplattet. Alle diese Kerne sind von einer Kernmembran umgeben, klar, und haben meist nur ein oder zwei Kernkörperchen; sie trüben sich durch Essigsäure. Mitunter sind zwei Kerne in einer Zelle vorhanden. Das Protoplasma der Leberzellen ist homogen oder sehr fein granulirt und enthält eine mehr oder minder grosse Anzahl chemisch verschiedenartiger Körnchen eingelagert, die nach Wasserzusatz meistens Molecularbewegung darbieten. Durch ihre gelbe Farbe, Resistenz gegen verdünnte Säuren und Alkalien zeichnen sich die Gallenfarbstoffkörnchen (Fig. 131 *g*) aus. Fetttröpfchen (Fig. 131 *f*) kommen in allen Grössen vor, am zahlreichsten während der Verdauung fettreicher Substanzen: von molecularer Trübung bis zu einem grossen, kugligen, fast die ganze Zelle ausfüllenden Tropfen können alle Grössen-Differenzen vertreten sein. Meist sind einige grössere und mehrere kleinere Fetttröpfchen vorhanden; dieselben widerstehen Säuren und Alkalien in verdünnten wässrigen Lösungen der-

selben. Endlich sind öfters farblose Körnchen in das Protoplasma infiltirt, grösser als die feinen Molecüle des letzteren, aber schwächer lichtbrechend als die Gallen- und Fetttröpfchen; sie werden gewöhnlich für Glykogen gehalten. Mit Alkohol, Chromsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure etc. trübt sich das Protoplasma durch körnige Gerinnung; die Zellen schrumpfen durch Alkohol oder Kochen; sie hellen sich auf in verdünnten Säuren, wobei ihre Kerne hervortreten; concentrirtere Alkalien machen die Zellen und Kerne sehr blass und lösen sie schliesslich. Mit Salpetersäure, die salpetrige Säure enthält, nehmen die Zellen eine grünlichgelbe Färbung an, und sie, nicht aber die Farbstoffkörnchen geben Farben-Reactionen ähnlich dem Bilirubin; mit Zucker und Schwefelsäure färbt sich das Protoplasma der Zellen orange oder roth, mit Jodkalium-Jodlösung gelb bis bräunlich, und zwar umschliesst ein gefärbtes protoplasmatisches Netzwerk die ebenfalls gefärbten Körnchen des sog. Glykogens sowie den ungefärbt bleibenden Kern.

Die Leberzellen wurden von Purkyňe (1837) und Henle (1838) entdeckt. Dass sie keine Membranen besitzen, zeigte bereits Guillot (1846); die Contractilität ihres Protoplasma entdeckte Leuckart (1856). — Die lebende Leber ist weich; sie wird bald nach dem Absterben fester. Theilungsformen sind an den Kernen der Leberzellen nicht nachgewiesen. Asp (1874) vermisste die Kerne öfters, woran die Behandlungsmethode Schuld gewesen sein muss. Bei saugenden Thieren und Menschen ist die Fettanhäufung in den Leberzellen permanent: physiologische Fettleber. — Ob die hellen schwach lichtbrechenden Körnchen wirklich Glykogen sind (nach Schiff, 1857) ist zweifelhaft; es wird die verschieden intensive Färbung, die das Protoplasma selbst mit Jod annimmt, auf einen correspondirenden Gehalt desselben an Glykogen bezogen (Bock und Hoffmann, 1872). Jedoch ist aus der im Farbentone intensiveren Tingirung, welche Anhäufungen dieser Körnchen innerhalb der Leberzellen selbst mit Jod annehmen, zu schliessen, dass sich auch die Körnchen wirklich dabei färben, während sie im isolirten Zustande zu klein sind, um dies erkennen zu lassen, wobei stärkere Vergrösserungen aus optischen Gründen die Farben-Erkennung nicht erleichtern.

Der Bau der Leber ist ein ausserordentlich verwickelter, und obgleich sie wahrscheinlich (S. unten) beim Embryo nach dem Typus tubulöser Drüsen entsteht, welcher namentlich bei Reptilien auch erhalten bleibt; so werden die Structur-Verhältnisse dennoch erst verständlich, wenn man auf die Blutgefässvertheilung zurückgeht. Die Leberzellen sind allseitig von Capillargefässen umstrickt. Erstere stimmen in ihrer Grösse am meisten mit den polygonalen Zellen der Magendrüsen überein, welche beim Delphin (F. E. Schulze, 1867) durch Blutgefässe getrennt und ähnlich auch beim Fuchs und Schwein einzeln in besonderen Nischen resp. Ausstülpungen der structurlosen Drüsen-Membran liegen können. Denkt man sich die Membranen auf ein Minimum interstitiellen Bindegewebes reducirt, die Zellen sämmtlich in solchen Nischen gelegen, durch Blutgefässe theilweise getrennt, das Drüsenlumen entsprechend dem geringen Kaliber der ausführenden Gallenwege verengt, die schlauchförmigen Drüsen selbst stark verlängert, vielfach sich theilend und verästelnd, wobei die Zweige des Drüsenschlauches sich durch einander wirren und anastomosiren; endlich intercellulare Spalten vom Lumen aus zwischen die in den Nischen gelegenen aneinanderstossenden Zellen sich fortsetzend — so hat man nicht nur ein ungefähres Bild vom Bau der Leber, sondern, und das ist wichtiger: wahrscheinlich ist auch die Entstehung des ganzen Organs diesem Bilde im Allgemeinen entsprechend. — Meistens wird jedoch (S. 226) angenommen, das erstere entstehe nach Art der acinösen Drüsen, oder dass einfach die von Urwirbelmasse abstammenden Leberzellen sich radiär um Aeste der V. hepatica anordnen (Schenk, 1874).

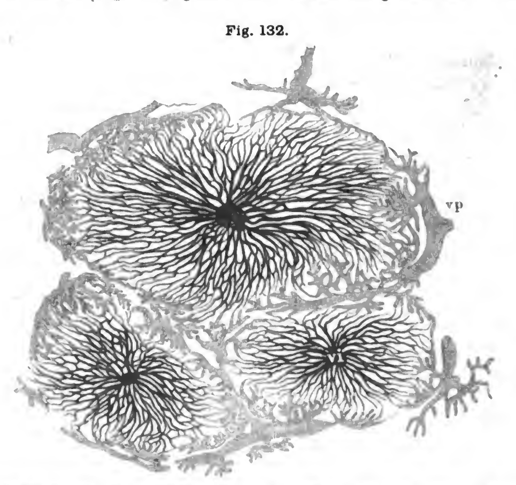
Ueber die gröbere Vertheilung der **Blutgefässe** der Leber s. Bd. II; über die feinere ist Folgendes bekannt.*

Von den Aesten der V. hepatica gehen unter spitzen Winkeln, die mehr als 45° zu betragen pflegen, baumförmige Verzweigungen ab, die darin sich eigenthümlich verhalten, dass sehr feine Venen-Endästchen sowohl unmittelbar aus den grösseren Stämmchen, als indirect aus den letzten Verzweigungen entspringen. Diese feinsten Endästchen sind noch mit blossem

*Cohnheim u. Litten, Ueber Circulationsstörungen in der Leber. Virch. Arch. Bd. 67. S. 153. 1876.

Auge sichtbar; sie verlaufen in der Längsaxe länglich-polyedrischer *Leberläppchen*, Lobuli hepatis, Leberinseln, an denen eine polygonale Basis, eine eben solche Endfläche und mehrere längliche Seitenflächen zu unterscheiden sind. Die Basis sitzt der grösseren Vene: *V. sublobularis* auf, aus welcher die erwähnten Venen-Endästchen fast rechtwinklig hervorgehen, die Seitenflächen stossen an benachbarte Leberläppchen. Die Endflächen sind theils quer abgestutzt, liegen auf der äusseren Oberfläche der Leber zu Tage und sind als polygonale Körper mit freiem Auge sichtbar; theils stecken sie im Innern des Organs, sind mehr abgerundet und liegen mit ihren Kuppen solchen Aestchen der V. hepatica an, die grösser als die Vv. sublobulares sind und keine Aestchen mehr direct in die Läppchen absenden. Die letzteren setzen sich wesentlich aus Leberzellen, Blut- und Gallencapillaren zusammen: die Venen in ihrer Axe heissen *Vv. intralobulares,* Venulae centrales lobulorum, Intralobularvenen, Central- oder Innenvenen der Leberläppchen. Entsprechend dem Verlauf dieser Venen ist die Längsaxe der Leberläppchen meist gebogen und wenn sich die Vene an ihrem Ende dichotomisch oder mehrfach theilt, so entstehen zusammengesetzte Leberläppchen, mit gemeinschaftlicher Basis, aber mehreren Endflächen. — Auf Querdurchschnitten der Vv. intralobulares (Fig. 132) gehen nun radienförmig nach allen Seiten nur

Fig. 132.

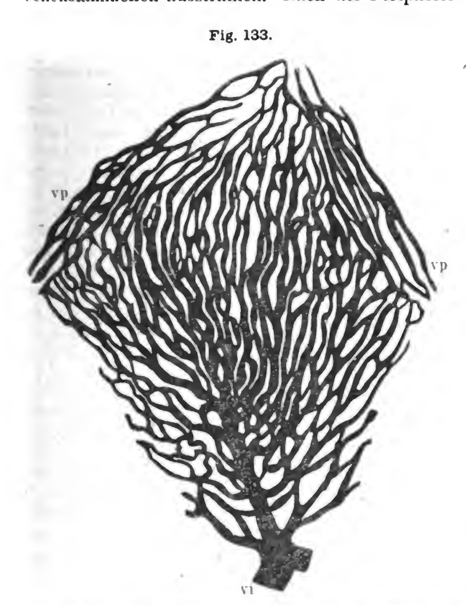


Drei Leberläppchen, mit verschiedenen Massen durch die Vv. portarum und hepatica injicirt. V. 40. *vi* V. intralobularis im Centrum des Läppchens auf dem Querschnitt. *vp* V. interlobularis, Pfortaderzweig, schraffirt, am Rande eines Läppchens verlaufend.

sparsam mit Kernen in ihrer Wandung versehene Capillargefässe, radiale Capillaren, von diesen Venen aus, bilden durch Abgabe von queren Capillaren, welche sowohl parallel der V. intralobularis, als in Ebenen verlaufen, die auf deren Längsaxe senkrecht stehen, länglich-polygonale Maschen. Letztere enthalten zwei bis drei Leberzellen und sind immer mit ihrem grössten Durch-

messer senkrecht zur Richtung der V. intralobularis gestellt. Auf Schnitten, welche die V. intralobularis ihrer Länge nach treffen (Fig. 133) erstreckt sich dieselbe in der Längsaxe der Leberläppchen und sendet nach allen Richtungen capillare Seitenäste ab, die schräggestellt wie die Nerven eines Pflanzenblatts vom Venenstämmchen ausstrahlen. Nach der Peripherie der Leberläppchen theilen sich die radiär verlaufenden Capillaren wiederholt dichotomisch, wodurch ihr Netz so engmaschig bleibt, wie im Centrum der Läppchen. Die Vv. intralobulares stehen in ziemlich regelmässigen, z. B. 1 Mm. betragenden Abständen von einander (Fig. 132) und in der Mitte zwischen je zwei finden sich jedesmal stärkere Blutgefässe, nämlich Aeste der V. portarum und A. hepatica, sowie Gallengänge. Alle diese letzteren Gebilde verlaufen zusammen, bilden polygonale Maschen, indem sie sich theilen, verästeln, die beiden letztgenannten auch Anastomosen bilden, aber von den benachbarten Vv. intralobulares stets ungefähr gleichweit entfernt bleiben. Die Capillaren, in welche die an der Grenze der Maschen sich erstreckenden Aeste der V. portarum: *Vv. interlobulares* (Fig. 132 *vp*, Fig. 133 *vp*), Pfortaderzweige, Zwischenvenen der Leberläppchen, sich auflösen, hängen continuirlich mit den radiären Capillaren der betreffenden V. intralobularis zusammen. Wie die Aeste der V. hepatica entspringen auch die Vv. interlobulares sehr häufig, fast rechtwinklig abgehend, aus den Seiten stärkerer Pfortaderzweige; während aber die V. intralobularis stets nur ein einfaches oder zusammengesetztes Leberläppchen versorgt, vertheilt sich die V. interlobularis an zwei bis vier benachbarte Läppchen. Die oben genannten gemeinschaftlich verlaufenden Gebilde werden durch etwas lockeres Bindegewebe zusammengehalten; resp. wie auch die Capillaren von einzelnen Bindegewebsfasern begleitet. Ausserdem erstrecken sich hier und da einzelne von der bindegewebigen Adventitia der Blutgefässe, sowie der Capillargefässwandungen ausgehende und zwischen benachbarten Gefässen ausgespannte, in ausgepinselten Chromsäure-Präparaten

Fig. 133.



Ende einer durch die V. hepatica mit Leim und chromsaurem Bleioxyd injicirten V. intralobularis *vi* auf dem Längsschnitt eines Leberläppchens. V. 20. *vp* Capillaräste der Vv. interlobulares am Rande des Läppchens.

sichtbare, feine Bindegewebsfasern resp. Inoblasten mit ihren Ausläufern durch die Zwischenräume der Leberzellen selbst an solchen Stellen, wo keine Capillare die benachbarten Zellen sondert — aber man findet keine continuirlichen Septa zwischen den einzelnen Leberläppchen: zu Bündelchen geordnete Bindegewebsfasern sind nur an den Kanten der Leberläppchen vorhanden und letztere werden wesentlich durch den Gefässverlauf markirt. Die sie constituirenden Leberzellenhaufen sind zwar mittelst eines Balkenwerks gesondert, das aus den genannten Gebilden besteht, doch anastomosiren nicht nur die Capillaren benachbarter Leberläppchen überall, wo letztere mit ihren Begrenzungsflächen an einander stossen, sondern es bilden auch wie gesagt die Leberzellen ein durch die ganze Leber zusammenhängendes continuirliches Netz.

Fig. 134.



Ein Läppchen der Schweinsleber; Alkohol; Querschnitt auf den Verlauf der V. intralobularis, die als helle Lücke erscheint. Hämatoxylin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 70. *s* Bindegewebs-Septum, das Läppchen umgrenzend.

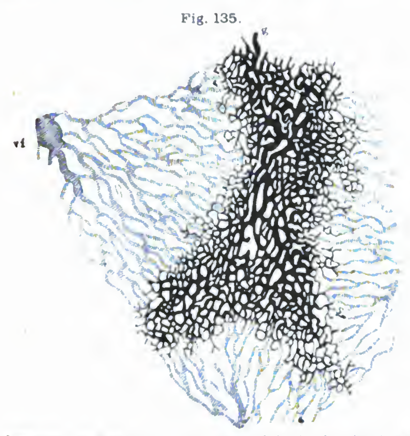
Beim Schwein und Eisbären (J. Müller, 1843) sind die Läppchen durch interstitielle Bindegewebs-Septa vollständig gesondert; ersteres Thier eignet sich daher ganz besonders zur Erläuterung (Fig. 134) dieses bei den übrigen Säugern mehr verwischten Verhältnisses.

Die Aeste der A. hepatica begleiten unter analogen, jedoch selteneren Theilungen die Pfortaderäste, sind von weit geringerem Kaliber als diese und ihre Verzweigungen anastomosiren vielfach unter einander, wodurch sie im Gegensatze zu den Vv. portarum und hepatica stehen. Von den bindegewebigen Fortsetzungen der Capsula Glissonii begleitet, die zugleich die Pfortaderäste, Lebernerven und Gallengänge umscheidet, versorgt das so entstandene Netz arterieller Blutgefässe sowohl die genannten Gebilde, als die Wandungen der grösseren arteriellen Aeste selbst und der Zweige der Vv. portarum resp. hepatica, als auch den bindegewebigen resp. serösen Ueberzug der Leber (S. 229) und schickt Endigungen in das Bindegewebe an den Kanten der Leberläppchen. Alle diese kleinen Arterien gehen in enge Capillaren über, welche, im Gegensatz zu den weiten und engmaschige Netze constituirenden Pfortaderästen, grössere Maschen bilden. Letztere hängen mit denjenigen der Pfortader im Bindegewebe an den Kanten der Leberläppchen anastomosirend zusammen und das Capillarnetz der letzteren kann sowohl von der Arterie, als von der V. portarum und V. hepatica her injicirt werden; nicht aber das Capillarnetz der A. hepatica auf anderem Wege als von dieser

selbst aus. Diejenigen Capillaren, welche aus Aesten der A. hepatica an die Hüllen der Leber, an die Gallengänge und grösseren Venen etc. hervorgehen, sammeln sich zu kleinen, in doppelter Anzahl die arteriellen Zweige begleitenden Venen, *inneren Pfortaderwurzeln*, und diese senken sich dann in Aeste der V. portarum, woher ihr Name, so dass ihr Blut mithin nochmals ein Capillargebiet: das der Leberläppchen passiren muss.

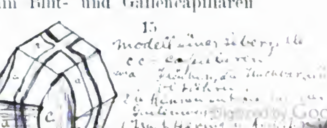
Ausserdem sind Gallengänge zwischen den Leberzellen vorhanden. Von den grösseren, unten zu beschreibenden Gallenwegen erstrecken sich unter dichotomischen Theilungen und häufigen Anastomosen stärkere Gallengänge (Fig. 135*g*) an den Rändern der Leberläppchen, die sich in ihrem Verlauf den Vv. interlobulares anschliessen, und ihrem Bau nach ebenfalls unten geschildert werden. Sie lösen sich in ein aus ausserordentlich feinen, drehrunden, wandungslosen *Gallencapillaren*, Ductus intralobulares, gebildetes Netz auf, das mit ziemlich regelmässig polygonalen Maschen die einzelnen Leberzellen umspinnt, und zwar so, das je zwei derselben an ihren Flanken eine Gallencapillare zwischen sich enthalten. Die Leberzellen können schematisch als stumpf- und spitzwinklige Polyeder betrachtet werden, länger als breit, breiter als dick, verhältnissmässig zur Breite und Länge etwas dicker als gewöhnliche Backsteine.

Fig. 135.



Querschnitt der Zusammentrittsstelle von drei Leberläppchen eines jungen Kaninchens. Gallencapillaren und Lebervenen mit verschiedenen Massen injicirt. V. 120. *g* Gallengänge sich netzförmig verbindend und in feinste Gallencapillaren auflösend. *vi* V. intralobularis auf dem Querschnitt, schraffirt.

Sie sind wie zu Längsreihen (Fig. 134), den sog. Leberzellenbalken geordnet, die radiär zu der durch den Verlauf der V. intralobularis markirten Axe jedes Leberläppchens stehen, und die Längsaxen der Zellen eines solchen Balkens fallen mit derjenigen des letzteren zusammen: die kleinsten Endflächen der polyedrischen Zellen stossen also an einander. Die Gallencapillaren umspinnen nun die Leberzellen in der Weise, dass sie, regelmässige fünfeckige Netze bildend, senkrecht auf deren Längsaxe und in der Mitte ihrer langen Seitenflächen verlaufen, während die Blutgefässcapillaren die Kanten der Zellen umsäumen. Wo immer eine Gallencapillare die Kante eines Zellenkörpers erreicht, anastomosirt sie mit zwei, oder selten, wo vier Leberzellen mittelst ihrer Längskanten zusammenstossen, mit drei benachbarten Gallencapillaren. Die Blutgefässcapillaren anastomosiren zwar ebenfalls an den Ecken der Leberzellen unter einander, doch nicht so häufig und regelmässig, da wie gesagt öfters zwei oder drei Leberzellen, auf bestimmte Weise angeordnet, in einer Capillargefässmasche liegen. Stets sind mithin Blut- und Gallencapillaren



durch das Protoplasma der Leberzellen so weit als möglich von einander gesondert, was mit dem Stoffwechsel der Zellen resp. ihrer chemischen Function: Gallenbildung etc. zusammenhängen dürfte. Während in der Mitte resp. im grössten Theil der Läppchen jede Leberzelle an drei bis vier ihrer Kanten mit Blutcapillaren in Berührung steht, ist dies im Centrum und an der Peripherie der Lobuli, woselbst grössere Gefässchen liegen, nur mit einer oder zwei Kanten der Fall. — Das Netz der Gallencapillaren reicht geschlossen bis an die V. intralobularis heran, wird aber bei Injectionen nicht immer vollständig gefüllt.

Das auseinandergesetzte Schema vom Verlauf der Gallencapillaren gilt zwar zunächst nur für die Leber kleiner Thiere: Kaninchen, Meerschweinchen, Igel etc., deren Blut- und Gallencapillaren durch Injection mit verschiedenfarbigen Massen gleichzeitig füllbar sind. Letzteres ist beim Menschen deshalb nicht ausführbar, weil das im Leben welche, amöboide Bewegungen darbietende Protoplasma der Leberzellen bald nach dem Tode gerinnt; die Zellen werden dadurch zu festen Formen geprägt und die ganze Leber brüchiger. Es lässt sich jedoch nicht verkennen, dass die angedeuteten Sätze: möglichst grosser Abstand zwischen Blut- und Gallencapillaren, ferner der Verlauf der ersteren an den Kanten, der letzteren an den Seitenflächen der Zellen und zwar in deren Mitte, auch für den Menschen und wahrscheinlich bei allen Säugethieren Gültigkeit haben.

Die Kaninchenleber weicht dadurch von der des Menschen und Hundes ab, dass die Blutcapillaren in den Leberläppchen sich häufiger durch quere Aeste verbinden, so dass die meisten Capillarmaschen nur eine einzige Leberzelle enthalten. Beim Hunde und beim Menschen ist wegen der unregelmässigeren Gestalt der Leberzellen der Verlauf der Blutcapillaren an den Kanten, derjenigen der Gallencapillaren an den Seitenflächen der Leberzellen nicht so deutlich ausgesprochen als bei den oben genannten Säugethieren.

Der geschilderte Bau der Leber wird noch complicirt durch zwei Verhältnisse: Wegen der unregelmässig-polyedrischen Form der Leberzellen bleiben zwischen letzteren nicht selten Räume, die von den erwähnten (Fig. 131 s) spindelförmigen Leberzellen ausgefüllt werden. Zweitens kommen am Rande der Läppchen hier und da kleine Gruppen von drei bis fünf Zellen vor, in deren Mitte eine Gallencapillare frei und abgerundet endigt. Die Anordnung gleicht dann ganz und gar einem Acinus oder einer kurzen blinden Ausstülpung des Kanals einer tubulösen Drüse; nur werden die Drüsenzellen des Acinus gleichsam durch Leberzellen repräsentirt. Diese Art von blind endigenden Gallencapillaren besitzt übrigens eine feine structurlose Membran.

Solche Acini am Rande der Leberläppchen hat Pflüger (1869) gesehen und lassen sie sich bei der Maus bestätigen (W. Krause, 1870). — Wenn man der Pflüger'schen Beobachtung entscheidendes Gewicht beilegt und diese Bildungen als Endbläschen der Gallenausführungsgänge betrachtet, wofür auch die verbreitete Ansicht, dass die Leber nach dem Typus der acinösen Drüsen entstehe (S. 221), sprechen würde, so bleibt nichts übrig, als das ganze Organ incl. der Gallengangdrüsen anstatt den tubulösen Drüsen (S. 33) vielmehr der ersteren Drüsengruppe beizuzählen, wie es früher in anderem Sinne von C. Krause (1837, 1845) geschehen ist, so zwar, dass die Leberläppchen aus einer grossen Anzahl von Acini bestehen sollten, deren jeder 6—8 Leberzellen enthielte. Diese Anschauung beruhte auf Injectionen der Gallenwege des Igels, welches Thier eine besonders dünnflüssige Galle besitzt und dabei haben sich acinöse Gallengangdrüsen (S. 228) gefüllt, die bei dem Igel nicht nur an den grösseren Gallengängen, sondern auch, in das Leberparenchym eingebettet, an den feinsten Aesten der letzteren vorkommen. Durch successive Injection mittelst gelben Blutlaugensalzes und schwefelsaurem Kupferoxyd lassen sich diese Gallengangdrüsen mit Ferrocyankupfer füllen und durch Behandlung der Leber mit Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam sichtbar machen. Dagegen sind die Acini der von C. J. M. Langenbeck (1849) mit Zinnober injicirten Igellebern, wie die Untersuchung solcher ergab, nichts weiter als Extravasatklümpchen, die bei sehr schwachen Vergrösserungen einige Aehnlichkeit mit Acini haben können; andererseits hat aber Langenbeck wohl als der Erste (schon vor Budge, 1859, und H. D. Schmidt, 1859) die Netze der Gallencapillaren injicirt und abgebildet, wenn auch anders gedeutet. — Manche schreiben den Gallencapillaren structurlose Wandungen und den Vv. interlobulares sowie ihren Aesten Anastomosen unter einander zu. Letzterer Anschein entsteht an dicken Schnitten; ersteres Verhältniss ist schon aus der Entwickelungsgeschichte und vergleichenden Histologie zu widerlegen.

Die Leber der übrigen Wirbelthiere nämlich, am deutlichsten diejenige der Schlangen und Eidechsen, weicht dadurch von der Säugethierleber ab, dass die Zellen nicht allseitig von anastomosirenden Gallencapillaren umsponnen werden, sondern diese in der Axe verzweigter Leberzellenbalken verlaufen, wodurch eine grössere Aehnlichkeit mit dem Bau tubulöser Drüsen herauskommt (Hering, 1866). Die Batrachierleber bietet ähnliche verzweigte Leberzellenschläuche mit axialen Gallencapillaren, deren blinde Endigungen häufiger und deutlicher sind (Eberth, 1867); ebenso die von Petromyzon Planeri (Langerhans, 1873).

Die Lymphgefässe der Leber werden als *oberflächliche* und tiefe unterschieden. Erstere begleiten paarweise unter häufigen Anastomosen die Arterien der serösen Hülle, namentlich am oberen Rande der Leber und ihre Lymphcapillaren bilden ein sehr dichtes Netz, das dem Leberparenchym näher gelegen und engmaschiger ist, als das der Blutgefässe. Die Knotenpunkte liegen in den Maschen der letzteren und umgekehrt. — Die *tiefen Lymphgefässe* verlaufen als zahlreiche microscopische Stämmchen, theils zu den Aesten der A. hepatica an der Leber-Oberfläche und anastomosiren hier mit den oberflächlichen Gefässen; meistentheils umspinnen sie mit dichten engmaschigen Geflechten die Pfortaderäste, begleiten auch die Zweige der A. hepatica, sowie die Gallengänge und treten in der Leberpforte hervor. Die zu diesen Stämmchen gehörenden Capillaren erstrecken sich im lockeren Bindegewebe an den Kanten der Leberläppchen, stets den daselbst gelegenen Gefässen

+ Hering. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 3. p. 45, 186[illegible]
+ Eberth. Virchow's Arch. Bd. 39, p. 70. und Arch. f. mikr. Anat. Bd. 3 p. 423, 1867
Chrzonszczewsky, Zur Anat. u. Phys. der Leber. Virch. Arch. Bd. 35. p. 152, 1866.
[illegible]
[illegible]

und Gallengängen folgend, ohne, soviel mit Sicherheit bekannt, in das Innere der Läppchen einzudringen. Die Blutgefässcapillaren desselben sind allerdings von mit Gewebsflüssigkeit infiltrirten Räumen umgeben und letztere lassen sich von den Lymphgefässen aus injiciren, entbehren aber einer endothelialen Auskleidung, was bei der Enge und Feinheit dieser Räume begreiflich.

Im Innern der Schweinsleber sah Kisselew (1869) Lymphfollikel; v. Wittich (1874) sehr feine mit den perivasculären Räumen, nicht aber mit den wirklichen Lymphgefässen deutlich zusammenhängende Kanälchen in das Innere der Leberläppchen vordringen.

Gallengänge, Ductus biliarii. Die Gallencapillaren setzen sich an der Peripherie der Leberläppchen in die feineren Gallengänge, *Ductus interlobulares*, fort. Diese bestehen aus einer ausserordentlich feinen bindegewebigen Umhüllung, die mit dem interlobulären Bindegewebe, worin sie verlaufen, verschmilzt, und einem anfangs mehr cubischen Epithel. Am Ende des Ductus interlobularis schliessen sich die letzten Zellen seines Epithels unmittelbar an die weit grösseren Leberzellen, welche die betreffende Gallencapillare umgeben; das Lumen der letzteren erweitert sich beim Uebergange in den Ductus nur wenig: seltener treten zwei Gallencapillaren zu diesem Uebergange zusammen. Die Epithelzellen haben an ihren, dem Lumen zugekehrten Flächen scharfe glashelle Begrenzungen, die sich wie eine die Lichtung begrenzende Cuticularbildung ausnehmen; ihre Contouren sind durch Silber darstellbar (Legros, 1874). Mit zunehmender Weite erhalten die feineren Gallengänge bald ein mehr cylindrisches Epithel; wie oben erwähnt, finden vielfache netzförmige Anastomosen (Fig. 135) der Ductus interlobulares im Umkreise der Leberläppchen statt. Auch die mittleren und stärkeren Gallengänge innerhalb der Leber, sowie die grossen ableitenden Ductus in der Leberpforte führen dasselbe Cylinder-Epithel, dessen Zellen an ihren freien Enden eine zarte radiäre, den Deckeln des Darm-Epithels homologe Streifung zeigen. Mit der Zunahme der Gallengänge an Kaliber verdicken sich ihre Wandungen, und schon an den Gängen mittlerer Stärke sind einzelne Kerne glatter Muskelfasern zu unterscheiden.

Die Wandungen der Ductus choledochus, cysticus und hepaticus und ebenso die grösseren Aeste des letzteren bestehen aus einer dickeren äusseren Faserschicht, *Adventitia*, die von netzförmig sich durchflechtenden Bindegewebsbündeln und zahlreichen dickeren elastischen Fasern gebildet wird. Die eigentliche Schleimhaut oder innere Schicht enthält noch zahlreichere, aber feine elastische Fasernetze; sie besteht aus feinen, eng verwebten Bindegewebsbündeln, und ihre Grenze gegen das Cylinder-Epithel ist mehr homogen. Sie wird von einem engen Capillargefässnetz durchzogen, enthält einzelne durch Säuren sichtbar werdende Kerne glatter Muskelfasern, die den Bindegewebsbündeln parallel gestellt sind und, wie diese, meist in schräger Richtung verlaufen. Die Adventitia dagegen besitzt sparsamere Capillaren, ausserdem aber die Verzweigungen grösserer microscopischer Arterien und Venen.

Die Gallenblase hat höheres Cylinder-Epithel, ihre Wandung verhält sich im Uebrigen wie die der zuletzt beschriebenen Ductus. Jedoch sind die unregelmässig polygonalen Grübchen ihrer Schleimhautfläche von Fältchen umsäumt, die mit zahlreicheren Blutcapillaren in Form von Schlingenmaschennetzen ausgestattet sind, und die bindegewebige äussere Faserschicht geht in den serösen Ueberzug über, wo solcher vorhanden ist. Zahlreiche schräg verlaufende und anastomosirende Bündel glatter Muskelfasern liegen in der Schleimhaut selbst. — Die stärkeren Aeste der A. cystica werden von Doppelvenen begleitet, die vielfach mittelst querer Aeste communiciren.

Die *Galle* enthält keine microscopischen Bestandtheile, mit Ausnahme von gelegentlich vorkommenden abgestossenen Cylinder-Epithelien der Gallengänge, Fetttropfen, körnigen Haufen von Gallenfarbstoff, selten Cholestearin in rhombischen Tafeln und röthlichen Nadeln, die wahrscheinlich mit Bilirubin identisch sind.

Bei Säugethieren, namentlich beim Kaninchen, Rind (Kölliker, 1849) und der Katze, sind die glatten Muskelfasern der Gallengänge stärker entwickelt, zu Bündeln geordnet und ihre Kerne durch Tinctionsmittel darzustellen. Dass dies beim Menschen nicht gelingt, dürfte seinen Grund in verändernder Einwirkung der alkalisch reagirenden Galle haben, die bald nach dem Tode die ganzen Wandungen der Gallengänge und Gallenblase diffundirend durchtränkt und gelb färbt. — Beim Igel enthält das Epithel der grossen Gallengänge auch Becherzellen.

Gallengangdrüsen. Eingesenkt in die Wandungen der obengenannten Ductus und der Gallenblase finden sich acinöse Drüsen. Sie sind am zahlreichsten im Ductus hepaticus, eine Strecke weit in dessen beide Hauptäste reichend, sparsamer im oberen Theil des Ductus choledochus und im unteren des cysticus, sehr spärlich in den übrigen Theilen der letztgenannten Gänge und nur zu 6—15 in der ganzen Gallenblase vorhanden. Sie bestehen aus einem relativ sehr langen, wenig verästelten Ausführungsgange und rundlichen, mit kurzen Stielen demselben und seinen Aesten ansitzenden Acini, das Ganze erinnert am meisten unter den acinösen Drüsen an das Bild einer Weintraube. Das Epithel ist cylindrisch, die Wandungen der Ausführungsgänge bindegewebig. An den feineren Gallengängen und einzeln auch an den grösseren sind nur kleine gestielte Ausbuchtungen mit einfachen oder gewundenen und getheilten Enden und aus einzelnen oder wenigen Acini bestehend vorhanden. Ebensolche sitzen in der Wand der Gallengangsnetze, die zwischen dem Ductus hepaticus und seinen Hauptästen, sowie an ihm in der Leberpforte sich finden. — Die Grübchen, welche unregelmässig zerstreut im Ductus hepaticus *zu zwei* Reihen geordnet, in dessen grösseren und feineren Aesten die Schleimhaut durchbrechen, werden in den letzteren durch den Abgang feinerer Gallengangsäste, die sich mithin paarweise, wie die Rippen eines Blattes, gegenüberstehen, gebildet; doch sind dazwischen meist feinere punktförmige Mündungen der Gallengangdrüsen wahrnehmbar.

Die Gallengangdrüsen erscheinen beim Menschen von Galle stark gelb gefärbt; bei Thieren ist ihr Epithel und Lumen farblos; sie sind daher als Schleimdrüsen der Gallengänge aufzufassen. Diejenigen der Gallenblase bilden mehr rundliche Paquete von 1 Mm. Durchmesser; mittelst der von Luschka empfohlenen Essigsäure und des Compressorium sind sie beim Menschen mit blossem Auge aufzufinden. Die Drüsen wurden von Theile (1844) entdeckt; die der Gallenblase durch Luschka (1858) genau beschrieben und ihre Anzahl bestimmt.

Vasa aberrantia hepatis. Von dem engmaschigen, im injicirten Zustande mit blossem Auge sichtbaren Netz, welches anastomosirende Zweige zwischen den beiden Hauptästen des Ductus hepaticus in der Leberpforte verbindet, treten manche in die Substanz der concaven Leberfläche ein und verästeln sich zu Ductus interlobulares. Dasselbe ist mit kleinen Gallengängen, die sich in den Fossae longitudinales hepatis seitlich abzweigen, der Fall. Andere Zweige des erstgenannten Netzes aber endigen blind, und dasselbe gilt von ähnlichen verzweigten und netzförmigen Gallengängen, welche im Lig. triangulare sinistrum, sowie mitunter hinter der hinteren Wand der V. cava inferior vorkommen. Alle solche Vasa aberrantia enthalten Cylinder-Epithel, haben eine bindegewebige Wandung mit längsgestellten Kernen, führen im Inhalt gelbe körnige Massen und endigen mit microscopischen, blinden, öfters getheilten Anhängen. Aehnliche microscopische Netze mit kolbigen Ausläufern, welche ersteren aber allseitig geschlossen sind, finden sich constant in der Wandung der Gallenblase, und alle diese Kanäle sind wohl als unvollständig entwickelte embryonale Gallengänge aufzufassen, deren eigentlich zugehöriges Leberparenchym sich nicht entwickelt hat.

Nerven der Leber. Sie verästeln sich als Stämmchen blasser kernführender Fasern, mit sparsameren meist feinen doppeltcontourirten, längs der A. hepatica und ihrer Verzweigungen. Mit derselben gelangen sie an die Gallengänge: Ductus choledochus, Ductus cysticus, die Gallenblase und den Ductus hepaticus, dessen Aeste bis zu den Ductus interlobulares begleitend. An den Gallengängen und der Gallenblase verlaufen ihre Stämmchen in der äusseren Faserschicht, bilden daselbst an der Gallenblase weitmaschige Plexus und senden Aeste zwischen die Muskelbündel der Schleimhaut. Sie dürfen nicht für Bündel glatter Muskelfasern angesehen werden, und führen sparsame Ganglienzellen. Dieselben liegen meist einzeln oder zu zwei bis drei sowohl an den Theilungsstellen als im Verlauf der Nervenstämmchen und verhalten sich wie die der Submucosa des Darmtractus (S. Nervensystem). Einige sind bipolar; andere sitzen reihenweise zu vier bis fünf den Nervenstämmchen auswendig an (Gallenblase) oder bilden kleine rundliche, 6—8 Zellen besitzende Ganglien (Ductus hepaticus) im Verlauf eines solchen. Auch am Fundus der Gallenblase sind Ganglienzellen vorhanden; zwischen den Leberläppchen in dem Bindegewebe an deren Kanten kommen nur blasse Nervenfasern vor, während in das Innere der Läppchen keine Nervenfasern eintreten. Von ähnlichen Stämmchen werden die Lebervenen begleitet, und ebenso die Blutgefässe im serösen Ueberzuge.

Die Nervenfasern der Leber sind im Verhältniss zur Grösse des Organs doch nur sparsam, sie sind ohne Zweifel für die glatte Musculatur der Blutgefässe und Gallengänge bestimmt; ihre doppeltcontourirten Fasern wahrscheinlich sensibel. Von Pflüger (1869) sind, wie es scheint, durch Osmiumsäure geschwärzte Fettstreifen als an die Leberzellen tretende doppeltcontourirte Nervenfasern gedeutet worden; auch die Leber-Blutcapillaren können sich durch jenes Reagens dunkel färben (W. Krause, 1870). — Der Fundus der Gallenblase besitzt beim Kaninchen Ganglienzellen. — Die Ganglienzellen der Gallenblase, Ductus cysticus und hepatici, wurden von Lee (1862) entdeckt. Bei Säugethieren: Schaf, Schwein, Kaninchen, Maus, sind die Zellen überhaupt zahlreicher; beim

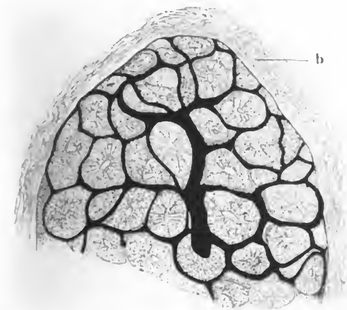
Meerschweinchen auch grössere Ganglien von 15—20 Zellen vorhanden (L. Gerlach, 1873): ebenso bei Vögeln (Manz, 1860, Ductus choledochus und cysticus): beim Huhn, der Ente und dem Frosch. Die Nervenfasern der Gallenblase endigen nach Popoff (1872) beim Frosch, Kaninchen und Hasen an den Kernen der glatten Muskelfasern (s. Nervensystem, zweifelhafte Nerven-Endigungen).

Hüllen der Leber. Ueber die Structur der Serosa s. Bauchfell; hier ist nur zu erwähnen, dass an der ganzen Leberoberfläche die arteriellen Gefässe aus den öfters gewunden verlaufenden Kapselzweigen der A. hepatica (S. 224) stammen, weitmaschige arterielle Netze und ebensolche Capillarnetze bilden. Erstere haben mitunter sternförmige Knotenpunkte; sie anastomosiren mit Aesten der Aa. cystica, phrenicae inferiores, mammaria interna, suprarenalis und renalis dextrae. Kleine Aeste (des N. phrenicus, Luschka, 1853) gelangen auch zur Fossa longitudinalis sinistra, sowie zur V. cava inferior, und längs der Ligg. teres und suspensorium zur convexen Leberoberfläche. Die arteriellen Aeste werden von Gefässnerven begleitet; die den ersteren entsprechenden Venen sind innere Pfortaderwurzeln (S. 225). Ueber die Lymphgefässe und Nerven der Leber-Umhüllung s. oben (S. 226 und 228).

Bauchspeicheldrüse.

Die Bauchspeicheldrüse, *Pancreas,* ist eine acinöse Drüse mit einem einzigen Ausführungsgang, dessen Aeste, wie die Zweige einer Tanne, unter spitzen Winkeln vom Stamm abgehen, und dies wiederholt sich an den feineren Verzweigungen. Dem angedeuteten Bild entsprechend setzen sich die letzten Ausläufer der grösseren Aeste fast geradlinig in ihre zugehörigen Drüsenläppchen fort. Letztere sind in primäre, secundäre und tertiäre gesondert; das Protoplasma ihrer pyramidenförmigen Drüsenzellen trübt sich durch verdünnte Essigsäure, hellt sich in concentrirterer auf und führt zahlreiche gelbliche Fettkörnchen, die öfters auf den dem Lumen des Acinus zugekehrten Theil der Zelle beschränkt sind. Die annähernd kugligen Kerne sitzen der Zellenbasis näher; sie führen Kernkörperchen. Das rundliche Lumen der Acini setzt sich in feine wandungslose Spalten fort, die zwischen dem Protoplasma benachbarter Drüsenzellen und auch längs der Innenfläche der structurlosen Membran injicirbar sind.

Fig. 136.



Ein primäres Läppchen des Pancreas. Blutgefässe injicirt; Chromsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 300. *b* bindegewebige Hülle des Läppchens.

Aus etwas breiten spindelförmigen, abgeplatteten Zellen mit ovalen Kernen besteht das Epithel der feinsten Ausführungsgänge. Einzelne dieser Zellen erstrecken sich namentlich bei den in der Verlängerung der grösseren Aeste gelegenen Acini innerhalb der letzteren, ragen in dieselben hinein und entsprechen den multipolaren Drüsenzellen. Manchmal haben sie drei Fortsätze. In allen Ausführungsgängen ist die Wandung aus längslaufenden Bindegewebszügen mit feinen elastischen Fasern und Cylinder-Epithel zusammengesetzt. Der grosse Ausführungsgang,

Ductus pancreaticus s. Wirsungianus, hat dieselbe Structur; doch ist eine äussere mehr lockere und eine innere festere Faserschicht zu unterscheiden. Seine Wandung besitzt kleine traubenförmige Drüsen, die sich durch geringeren Fettgehalt ihrer Acini von denen des Pancreas selbst unterscheiden.

Die Blutgefässe vertheilen sich wie in den Speicheldrüsen; doch ist der Verlauf der grösseren und feineren Aeste (Fig. 136) ein mehr geradlinig gestreckter: entsprechend demjenigen der Ausführungsgänge. — Lymphgefässe sind zahlreich im lockeren Bindegewebe zwischen den Drüsenläppchen vorhanden. — Die Nerven begleiten die Blutgefässe, sind wesentlich Gefässnerven, bestehen aus blassen kernführenden, untermischt mit einzelnen doppeltcontourirten Nervenfasern, und enthalten Ganglienzellen einzeln oder zu kleinen Gruppen eingelagert.

Das *Secret* der Bauchspeicheldrüse ist klar, enthält allenfalls theilweise abgelöste Cylinder- und Pyramidenzellen.

Dass die dunkelrandigen Fasern sensibel sind, ist nach Analogie mit dem Pancreas der Katze nicht zu bezweifeln. Hier sind nämlich die Endigungen in kleinen Vater'schen Körperchen leicht nachweisbar, die nur die halbe Grösse wie die im Mesenterium desselben Thieres besitzen (W. Krause, 1869, 1870). Durch ihre farblose Beschaffenheit heben sie sich schon für das blosse Auge neben den Ausführungsgängen hervor, wenn man letztere bei einer in der Verdauung begriffenen Katze präparirt. Die Ganglienzellen im Pancreas des Menschen wurden von W. Krause (1864) nachgewiesen; ebenso bei der Katze (1870). — Beim Rinde (Tobien, 1853), der Katze, bei Vögeln und beim Karpfen führen der Ductus pancreaticus resp. seine Aeste glatte Muskelfasern (Eberth, 1862). — Jene in das Acinus-Lumen hineinreichenden länglichen Zellen bezeichnete Langerhans (1869) als centroacinäre; Saviotti (1869) hielt die injicirbaren Spalten zwischen den Drüsenzellen für drehrund, analog den Gallencapillaren. — Wenn ein zweiter Ausführungsgang neben dem Ductus pancreaticus vorhanden ist, so unterscheidet sich sein Bau nicht von dem des letzteren.

Milz.

Die Milz, *Lien*, ist eine echte Blutgefässdrüse — neben der Steissdrüse und Gl. intercarotica (s. Gefässsystem), die einzige des menschlichen Körpers — in welche eine grosse Anzahl Lymphfollikel, die dem Lymphgefässsystem angehören, eingeschaltet sind. Da sie in näheren Beziehungen zu den Verdauungsorganen steht, wird sie bei diesen abgehandelt.

Der seröse Ueberzug ist mit der *Kapsel* der Milz, tunica albuginea s. propria, continuirlich verschmolzen. Letztere besteht aus straffen gekreuzten Bindegewebsbündeln mit zahlreichen elastischen Fasern.

Mit der Kapsel hängen die *Trabekeln*, Trabeculae lienis, Milzbalken, direct zusammen; insofern sich letztere an dieselbe inseriren und nur durch gewaltsame Trennung zu lösen sind. Die Trabekeln bilden ein schwammartiges Balkengerüst, welches zusammenhängend durch die ganze Milz sich erstreckt; durch zahlreiche, meist annähernd rechtwinklige Verästelung (Fig. 139 *A b*), wobei auch drei bis fünf Balken an einem Knotenpunkt zusammenzutreten pflegen, vermindert sich der Durchmesser der Trabekeln so weit, dass die kleineren microscopische Dimensionen annehmen, während die mit blossem Auge sichtbaren grössere Hohlräume umschliessen, und der Character der Verästelung überall derselbe bleibt. Ebenso auch der Bau der meist cylindrischen Balken, die wie das Gewebe der Kapsel zusammengesetzt sind, jedoch einzelne längslaufende, an ihren Kernen kenntliche glatte Muskelfasern führen.

Bei Säugethieren sind letztere in den Balken zahlreicher. In der Kapsel kommen sie beim Menschen sehr sparsam vor (Billroth, 1861); bei Säugethieren in weit grösserer Anzahl, zu Bündelchen geordnet und zwar in deren tieferer Schicht. Nach W. Müller (1865) wiegen die Muskeln daselbst vor beim Igel, Hund, Katze, Schwein, Delphin; sind weniger entwickelt beim Kaninchen, Maulwurf, Ratte; treten zurück beim Menschen, Affen, Fledermäusen und Wiederkäuern. Die Zahl und Stärke der Balken, sowie die Dicke der Kapsel sind dem Volumen der Milz ziemlich direct proportional: bei Wiederkäuern ist die Ramification eine dichtere und die übrig bleibenden Hohlräume sind weit enger. Beschrieben wurden die glatten Muskelfasern der Balken von Kölliker (1847) bei Säugethieren: abgesehen von den schon genannten beim Rind, Schaf, Meerschweinchen, Pferd, Esel und Dicotyles; beim Menschen von Billroth, W. Müller, Kyber (1870). Bei Vögeln und Schildkröten sind sie spärlicher entwickelt; den übrigen Wirbelthieren fehlen sie ganz (Leydig 1857, W. Müller, 1865); jedoch sah Billroth (1857) solche bei Tinca.

In den durch die Milztrabekeln netzähnlich umschlossenen Räumen liegen einestheils die Blutgefässe und das *intervasculäre Netzgewebe,* welche zusammen die *rothe Milzpulpe* ausmachen, anderentheils die *Lymphfollikel*, von denen nebst den Arterienscheiden die weisse Milzpulpe constituirt wird. Erstere

bildet eine zusammenhängende Blutgefässdrüse, letztere eine eingeschachtelte, vielfach vertheilte Lymphdrüse. Die Beschreibung beginnt mit den Gefässen.

Die Arterien sind Aeste der Lienalis, welche von einer festen bindegewebigen, am Hilus der Milz mit der Kapsel zusammenhängenden und der Arterien-Adventitia äusserlich aufgelagerten *Arterienscheide,* analog wie die V. portarum in der Leberpforte, eingehüllt wird. Mit der Aussenfläche der Adventitia ist sie durch deren lockeres Bindegewebe verbunden. Die A. lienalis verästelt sich baumförmig; ihre grösseren Zweige streben gegen die äussere Oberfläche der Milz, die kleineren verlaufen zum geringeren Theil innerhalb der Trabekeln, grösstentheils aber frei durch die Hohlräume. Sie zerfallen durch häufig wiederholte dichotomische Theilungen in zahlreiche Endäste, welche dieselbe Verlaufsrichtung einhalten; an injicirten und macerirten Milzen kann man den übrigen Inhalt der Hohlräume ausspülen und die arteriellen Endäste scheinen dann pinselförmig auszustrahlen, sog. Penicilli arteriarum lienis, die nur Kunstproducte sind. Schliesslich lösen sich die arteriellen Endäste in gestreckt verlaufende Capillaren auf, die sich in das intervasculäre Netzwerk der rothen Milzpulpe (S. 234) öffnen. Arterielle Anastomosen zwischen den Aesten der A. lienalis sind nirgends vorhanden und dieselben sämmtlich Endarterien (S. Gefässsystem). Mithin besteht die menschliche Milz, je nachdem 3 — 6 — 10 Aeste, in welche das Ende der A. lienalis vor ihrem Eintritt zerfallen kann, ihr Gewebe versorgen, aus eben so viel, was die arterielle Gefäss-Verzweigung anlangt, gesonderten Lappen.

Lymphfollikel der Milz. Die der Adventitia aufgelagerten Scheiden sämmtlicher Arterien sind an den feinen Aesten relativ noch mehr entwickelt, aber — von den innerhalb der Balken verlaufenden abgesehen — weit lockerer als an den grösseren Aesten. Diese Arterienscheide besteht nebst elastischen Fasern aus fasrigem Bindegewebe, welches mit abnehmendem Kaliber mehr und mehr den Character des reticulären Bindegewebes annimmt und mit zahllosen, amöboide Bewegungen darbietenden Lymphkörperchen infiltrirt ist. An vielen Arterien mittleren Kalibers erweitern sich die hier als *Lymphscheiden*, adenoide Scheiden, unterschiedenen Arterienscheiden zu kugelförmigen Bläschen: den Lymphfollikeln der Milz, *Milzfollikeln,* weissen Milzbläschen, Corpuscula Malpighii lienis, die microscopisch stets nachweisbar, aber nicht immer mit freiem Auge als weisse Bläschen zu erkennen sind. Ihr Bau ist der gewöhnliche der Lymphfollikel (S. Lymphgefässsystem); sie besitzen keine besondere Hülle, wohl aber an ihrer seitlichen Peripherie engere spitzwinklige Maschen des sie constituirenden reticulären kernführenden Bindegewebes; an ihrer Aussenfläche hängt das letztere mit dem intervasculären Fasernetz der rothen Milzpulpe continuirlich zusammen. Die Lymphfollikel sitzen hier und da in den spitzwinkligen Theilungsstellen der arteriellen Aeste, seltener einer Seite eines der letzteren angelagert, so dass sie anscheinend eine seitliche bauchige Erweiterung seiner Adventitia darstellen; meist aber wird ihre Mitte von der betreffenden Arterie durchbohrt, oder letztere liegt ein wenig excentrisch. Derjenige Theil des kugelförmigen Follikels, in welchen diese Arterie eintritt, wird als sein centraler — der entgegengesetzte als peripherischer Pol bezeichnet. Ersterer Pol kann auch einer stärkeren Arterie aufsitzen, gerade an der Stelle, wo die durchbohrende als Ast von derselben abgeht. In jedem Falle geht am centralen wie am peripherischen Pol des kugelförmigen Follikels sein Gewebe continuirlich in dasjenige der Lymphscheide über, während sich die Adventitia durch den Follikel hin fortsetzt, und müssen die letzteren als eine Auflockerung der mittleren Schicht der Arterienscheide, woran mitunter die Adventitia theilnimmt, betrachtet werden, da sich die äusserste Schicht der Lymph-

scheide in die Hülle der Milzfollikel verfolgen lässt. Unter letzteren kommen auch länglich-ellipsoidische vor, die mit zwei bis drei kleinen Arterien in Zusammenhang stehen. Im Innern werden die Follikel von einem Capillarnetz durchzogen, das gewöhnlich direct aus mehreren von der betreffenden Arterie abgegebenen capillären Zweigen stammt. Oder es entspringt ein arterieller Ast vor dem Eintritt der durchbohrenden Arterie aus der letzteren und löst sich in das Capillarnetz des Follikels auf. Wenn dessen centraler Pol einer stärkeren Arterie aufsitzt, so kann die durchbohrende fast vollständig in dem Capillarnetz absorbirt werden. Die in Theilungswinkeln befindlichen Follikel erhalten von beiden Arterien, die einer solchen seitlich adhärirenden von dieser Seite her ihre Versorgung. Ausserdem aber verzweigen sich an der Peripherie der Follikel capilläre Aeste benachbarter Arterien, zum Theil auch solche, die von der durchbohrenden vor ihrem Eintritt oder auch nach ihrem Austritt abgegeben werden: in letzterem Falle also rückläufig sind. Diese peripherischen Aeste werden wohl als extracorpusculäre Arterien bezeichnet. Das Netz im Innern bildet ziemlich weite polygonale Maschen; einzelne Capillaren biegen an der Peripherie des Follikels schlingenförmig um; andere durchsetzen die Peripherie der Follikel und senken sich in die rothe Pulpe neben den Venen-Anfängen, die erst jenseit der Zone der extracorpusculären Arterien beginnen: diese Capillaren stellen die einzigen Abzugswege des in den Follikeln circulirenden Blutes dar.

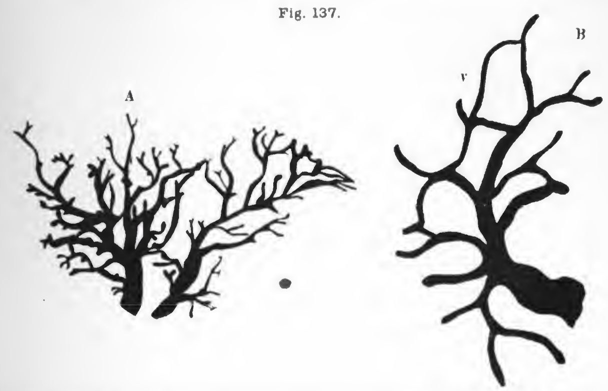
Als Analoga der Lymphfollikel an arteriellen Capillaren sind die *Capillarscheiden* der Milz, Capillarhülsen, Endkapseln W. Müller, aufzufassen. Es sind ellipsoidische, seltener birnförmige oder an ihrem peripherischen Ende sich theilende, aus mehrfachen concentrisch geschichteten Bindegewebshüllen bestehende Gebilde, deren Längsaxe von einem Capillargefäss durchsetzt wird, während die Pole mit dessen bindegewebiger Adventitia zusammenhängen. Die Zwischenräume der concentrisch geschichteten Bindegewebslagen werden von verbindenden Fasern durchsetzt, enthalten eine feinkörnige zähe Masse, längliche Bindegewebskerne und hier und da Lymphkörperchen.

Die Blutgefässe im Innern der Milzfollikel wurden zuerst von Günsburg (1850) beim Menschen beschrieben, jedoch schon vor diesem Jahr durch Kohlrausch injicirt, dessen bezügliche Präparate in den Besitz von W. Krause übergingen. — Die Capillarhülsen (Schweigger-Seidel, 1861) sind bei Menschen und Nagern sparsam vorhanden, zahlreicher und mehr entwickelt bei Hund, Katze, Igel, Schwein, den Vögeln und niederen Wirbelthieren (W. Müller, 1865). Von Billroth (1857) wurden sie bei Vögeln entdeckt. Beim Schwein haben sie 0,2—0,24 Länge, auf 0,1 Breite und sind mit freiem Auge wahrnehmbar (W. Müller); beim Menschen sind sie unvollständiger abgegrenzt und zeigen 0,01—0,018 Breite (W. Müller, 1865); beim Hunde und der Katze 0,015 Länge auf 0,05 Breite (Kyber, 1870); beim Pferd 0,05 Länge (Wedl, 1872).

Die Venen der Milz gehen aus der A. lienalis mittelst baumförmiger Verzweigung hervor. Ihre Muscularis bilden wesentlich längslaufende Fasern; ihre Wandung ist mit den letzteren fest verwachsen, während die Arterien zunächst von einer lockeren Adventitia umgeben sind, und wird durch Fortsetzungen der Kapsel vom Hilus her verdickt. Die Venen mittleren Kalibers verlaufen, neben den Arterien, seitlich oder streifenweise in ihrer Wandung durch rinnenförmig ausgekehlte Balken verstärkt, die sich wie die Trabekeln verhalten. Letztere setzen sich in schräger Richtung oder annähernd rechtwinklig an sie an; in den Zwischenräumen der mit abnehmendem Venen-Kaliber mehr zurücktretenden Balken sind die Wandungen sehr dünn und von halbkreisförmigen quergestellten feinen elastischen Fasern gebildet. Soweit sie im injicirten Zustande mit freiem Auge sichtbar sind, verlaufen Venen und Arterien zusammen, trennen sich dann und während letztere Milzfollikel tragen, gehen die ersteren nach ferneren, anfangs noch baumförmigen (Fig. 137 *A*), später mehr rechtwinkligen Theilungen in capilläre Venen über. Diese bilden unter häufigen dichotomischen Verästelungen und meist rechtwinkligen Anasto-

mosen ein sehr dichtes, durch die ganze Milz continuirlich zusammenhängendes *Netz der capillären Venen*, cavernöse Venen, venöse Sinus, venöses Wunder-

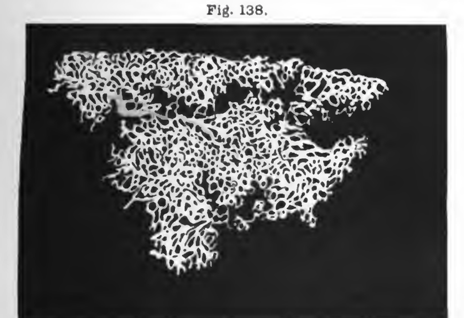
Fig. 137.



Milzvenen injicirt. *A* Von der Ratte mit kaltflüssigem Berlinerblau; baumförmige Verästelung von zwei Venen. V. 60. *B* Vom Menschen mit körnigem Berlinerblau und Gummi, in Glycerin gelöst, injicirt. V. 120. *c* capilläre Venen, sich netzförmig verbindend.

netz (Fig. 137 *B*; Fig. 138). Die Form seiner Maschen hängt wesentlich von dem natürlichen oder künstlichen Füllungsgrade der venösen Gänge, resp. vom Contractionszustande oder Spannungsgrade der Milzkapsel und Trabekeln ab und sind die Maschen je nachdem enger oder weiter. Der Bau der capillären Venen ist insofern ein ganz eigenthümlicher, als ihre Wandungen nur aus den beschriebenen, in regelmässigen und sehr geringen Abständen befindlichen elastischen Fasern, diejenigen der feineren auch wohl aus ähnlich geordneten Bindegewebsfasern gebildet werden, wobei bald gitterförmige Unterbrechungen in den Wandungen auftreten. Ausserdem tragen sie an ihrer Innenfläche ein continuirliches, aus spindelförmigen abgeplatteten Zellen, Spin-

Fig. 138.



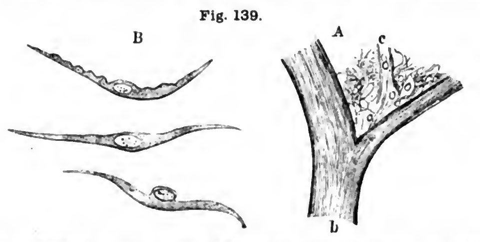
Netz der capillären Milzvenen des Menschen, von der V. lienalis aus mit Leim und Chromgelb injicirt, bei auffallendem Licht. V. 40.

delzellen der Milz, Milzfasern (Fig. 139 *B*) bestehendes Endothel. — Diese Zellen sind mit ihrer Längsaxe parallel der Venenaxe gelagert, öfters auch nach innen concav gebogen, was an den Theilungsstellen vorkommt. Im Saft der frischen Milz sind sie in grosser Zahl freischwimmend vorhanden — also leicht von der Venenwand abstreifbar —, ihr Protoplasma ist hell, feinkörnig; ihre Enden spitz oder abgerundet, auch wohl leicht verdickt. Die dem Venenlumen zugekehrte Fläche ist oft mit regelmässigen Querrunzeln dicht besetzt, die sich in der Profilansicht wie Einkerbungen ausnehmen. Ungefähr in der Mitte ihrer Länge oder näher dem einen Ende, namentlich wenn letzteres kolbig angeschwollen ist, sitzt ein eiförmiger, heller, mit Essigsäure sich trübender Kern, der ein bis zwei oder mehr Kernkörperchen enthält. Seine Lage ist excentrisch, nämlich auf der dem Venenlumen zugekehrten Seite der Zelle; derselbe kann so stark in letzteres prominiren, dass seine Profilansicht in optischem Längs- oder Querschnitt durch die Mitte der Zelle als rundliches, breitgestieltes Körperchen erscheint. In der V. lienalis oder ihren ersten Verzweigungen werden diese Zellen durch mehr polygonale Endothelien ersetzt; in den grösseren und capillären Venen bilden sie, wie sich auf Querdurchschnitten der ersteren ergiebt, eine einfache aber continuirliche Lage; an den feinsten Venen lockert sich ihr Zusammenhang, es treten Längsspalten auf; schliesslich verlieren sich die Endothelzellen und die Wandungen der venösen, aus dem geschilderten Wundernetz hervorgehenden Capillaren fasern sich nach gestrecktem Verlauf vollständig auf, indem sie in das Gewebe der rothen Milzpulpe übergehen.

Bei einigen Thieren: Hund, Katze, Kaninchen, Ratte treten wie beim Menschen mehrere capilläre Venen auf einmal zu einer grösseren zusammen (Fig. 137 *A*); bei anderen: Pferd, Rind, Schaf, Schwein etc. beginnen letztere trichterförmig, Anastomosen sind seltener, das intervasculäre Netzgewebe reichlicher vorhanden. Auch sind bei Raubthieren, ferner beim Maulwurf, der Ratte etc. die Wandungen der feineren Venen musculös (W. Müller, 1865), was vielleicht nur scheinbar ist und mit der geringeren Körpergrösse zusammenhängt (W. Krause). Bei einigen Thieren (Rind, Schaf, Schwein etc.) sind die Spindel-Zellen des Venen-Endothels fester mit einander verbunden und daher sparsamer im Safte der frischen Milz anzutreffen.

Das intervasculäre Netzgewebe, die eigentliche Milz-Pulpe, füllt die Zwischenräume continuirlich aus, welche zwischen Trabekeln, Lymphfollikeln und Blutgefässen noch übrig bleiben und hängt wie die capillären Venen durch die ganze Milz continuirlich zusammen. Dasselbe besteht aus einem bindegewebigen Netzwerk, sog. Intercellularsubstanz, und darin eingelagerten Blut- und Lymphkörperchen. Das Fasernetz ist reticuläres Bindegewebe, wie das der Lymphfollikel und Lymphscheiden der Arterien; jedoch

Fig. 139.



A Rothe Milzpulpe des Menschen nach Härtung in H. Müller'scher Flüssigkeit gepinselt. V. 600/200. *b* Balken. *c* arterielle Capillare mit einzelnen Blutkörperchen, sich in dem intervasculären Netzgewebe auflösend. *B* Endothelzellen aus den Venen derselben Milz, frisch mit Wasser. V. 600.

aus viel feineren Fasern gewebt, die engere Maschen bilden (Fig. 139 *A*), und einzelne ellipsoidische Inoblastenkerne an den Knotenpunkten des Netzwerks

enthalten. Nicht nur die Enden der arteriellen Capillaren lösen sich durch Auffaserung ihrer Wandung in dasselbe auf (Fig. 139 *A c*), sondern ebenso die Anfänge der das cavernöse Wundernetz der Milz bildenden Venen resp. ihre capillären Ausläufer, die sich beim Menschen wie gesagt mehr geradlinig aus denselben entwickeln. Die Fasern des Netzwerks sind im frischen Zustande sehr weich und hell, schwach lichtbrechend, kaum sichtbar, vollkommen elastisch; durch erhärtende Mittel, wie Osmiumsäure, Chromsäure, Liquor ferri sesquichlorati u. s. w. erhärten sie, unterscheiden sich aber von Gerinnungsproducten, wie sie sich als Fibrinfetzen um eingeschlossene Blutkörperchen u. s. w. vermittelst dieser Reagentien bilden können, durch ihre grösseren und unregelmässigeren Abstände; sie haben alsdann eine leicht körnige Beschaffenheit und einen etwas gewundenen resp. geknickten Verlauf. An den Knotenpunkten sind sie stellenweise verbreitert. Die Hohlräume des intervasculären Netzgewebes sind öfters mehr rundlich, meist von unregelmässiger Form; sie messen 0,003—0,01 und sind nach dem Gesagten in offenem Zusammenhange mit venösen und arteriellen Capillaren, mithin als *intermediäre Blutbahn* der Milz in deren Gefässsystem eingeschaltet. Das ganze Gewebe der Milz ist als durch colossale Auflockerung der Gefäss-Adventitien entstanden zu denken, in welche bei den Arterien Lymphkörperchen, in diejenigen der Venen und Capillaren ausserdem Blutkörperchen infiltrirt sind, resp. die ersteren durchwandern. Ausser einer wechselnden Menge alkalisch reagirender, dem Blutplasma gleichzuachtender Flüssigkeit werden die beschriebenen Hohlräume der intermediären Blutbahn von einzelnen Lymphkörperchen und rothen Blutkörperchen eingenommen. Das Protoplasma der ersteren unterscheidet sich von dem der Lymphkörperchen, die in den Milzfollikeln und Lymphscheiden der Arterien enthalten sind, durch geringeres Imbibitionsvermögen für Tinctionsmittel: Carmin und salpetersaures Rosanilin. Die Blutkörperchen werden am leichtesten an Stückchen frischer Milzen, die einige Stunden in 0,2 %iger Osmiumsäure gelegen haben und dann in Kältemischungen gefroren sind, auf feinen Querschnitten mittelst Immersionssystemen erkannt. Damit steht die Thatsache in Uebereinstimmung, dass bei jedem Injectionsdruck von den Arterien aus und bei solchem, der hinlänglich wirksam ist, um die capillären Venen zu füllen, auch von der

Fig. 140.



Milz der Katze von der A. lienalis aus mit Leim und Berlinerblau injicirt. Alkohol, Glycerin. V. 200. *a* arterielle Capillare, sich in die intermediäre Blutbahn auflösend, woselbst der Schnitt etwas dicker; dazwischen Lymphkörperchen.

V. lienalis aus, die intermediäre Blutbahn der Milz mit farbiger Masse gefüllt wird (Fig. 140). Dasselbe ergiebt sich auf vergleichend-anatomischem Wege.

Kernhaltige Blutkörperchen der unteren Wirbelthierclassen, z. B. beim Frosch und Salamandra maculata, können an beliebig gehärteten Milzen im intervasculären Netzwerk liegend erkannt werden, während eine geschlossene, die Arterien und Venen verbindende Capillargefässbahn weder in diesen Classen, noch bei den Säugern durch die bekannten Mittel, z. B. auch Trocknen und Natronlauge, darzustellen sind. Einzelne directe Uebergänge sind jedoch hier und da von mehreren Beobachtern gesehen worden, die darauf gestützt die intermediäre Blutströmung ganz geläugnet haben. Nach W. Müller (1865) fehlt den Schlangen und Sauriern das intervasculäre Netzwerk ganz: die aufgelockerten Venenscheiden sind nur mit Lymphkörperchen, nicht mit Blutkörperchen infiltrirt, was bei Lacerta jedoch nicht der Fall ist (W. Krause). In Folge der sowohl physiologisch von den verschiedenen Verdauungszuständen abhängigen, als durch Circulationsstörungen bedingten An- und Abschwellungen der Milz, stagniren häufig Blutkörperchen in der intermediären Blutbahn und werden theils in gelbliches, rothes, bräunliches Hämatoidin verändert, theils zu mehreren von dem Protoplasma der daselbst befindlichen Lymphkörperchen umflossen und in sich aufgenommen. So entstehen die kernführenden sog. Blutkörperchen-haltigen Zellen. Seltener nehmen die Lymphkörperchen Fettkörnchen in sich auf, und heissen dann Körnchenzellen. Aus der intermediären Bahn gehen normal zahlreiche Lymphkörperchen in das Blut der V. lienalis über, welches deren besonders viele enthält (s. Gefässsystem), und umgekehrt — wegen des Zusammenhanges der netzförmig durchbrochenen Hüllen der Lymphfollikel mit dem intervasculären Netzgewebe — führt die Lymphe der grösseren Lymphgefässstämme der Milz häufig rothe Blutkörperchen. Trotz aller obigen Gründe halten Manche die Anfüllungen der intermediären, von Stieda (1862) zuerst nachgewiesenen Bluthahn für Extravasate. Jedenfalls ist die Blutcirculation innerhalb des intervasculären Netzgewebes nicht so aufzufassen, als ob dieselbe ganz frei und beliebigen wandungslosen Bahnen folgend vor sich ginge. Vielmehr sind bestimmte, netzartig anastomosirende Strömchen vorhanden, die sich nach der Richtung des geringsten Widerstandes bewegen, und die Richtung scheint durch Hohlräume vorgezeichnet zu werden, die in der Form, wenngleich nicht in der Begrenzung mit einem weitmaschigen Capillarnetz übereinstimmen. Dafür spricht nämlich der Umstand, dass bei der Injection z. B. einer Schafmilz mit körnigen, von Billroth (1861) empfohlenen Massen (Leim und Chromgelb in die Vene, Leim und Zinnober in die A. lienalis) sich solche Netze füllen, die nicht nur bei auffallendem Lichte ein Capillarnetz nachahmen, sondern auch die rothe Injectionsmasse durch geschlängelte Capillaren bis in die (gelben) Venen-Anfänge zu verfolgen gestatten, wobei sich letztere und auch eine Strecke der roth injicirten venöse Capillare unter starker Vergrösserung bei durchfallendem Licht von einer deutlichen Wandung begrenzt zeigen. Mit anderen Worten: venöse Capillaren lassen sich von den Arterien aus füllen. Weiter rückwärts nach den Arterienenden hin wird aber die Begrenzung der Injectionsmasse alsbald weniger scharf; der rothe Cylinder erscheint rauh oder zackig an seinen Rändern und ohne alle grösseren Extravasate sind doch fortwährend einzelne Zinnoberkörnchen in das Gewebe ausgetreten. Hiernach kann man (S. 235) das intervasculäre Netzgewebe als durch enorme Auffaserung und Vereinigung der Capillargefässwandungen entstanden sich denken, wonach die Milz in dieser Hinsicht als echte Blutcapillargefässdrüse erscheint. Bei denjenigen Säugern, deren Verdauungs-Tractus sich abwechselnd im Zustande der Verdauung und der Ruhe befindet, mag nur während des ersteren bei gleichzeitiger Schwellung der Milz ein erheblicher Theil vom arteriellen Blut das intervasculäre Netzgewebe passiren, wogegen im Ruhezustande das Blut durch die oben erwähnten, mit Zinnober injicirten Bahnen direct in die Venen-Anfänge fliessen würde. Der Zustand der Verdauung würde für die Milz dann gleichsam durch eine Injection mit transparenten Massen (Fig. 140) nachgeahmt. Uebrigens leuchtet z. B. bei Betrachtung von Osmiumsäure-Präparaten ein, dass der feinere Bau der Milz keineswegs für ganz aufgeklärt zu erachten ist.

Die Lymphgefässe der Milz werden als *oberflächliche* und tiefe unterschieden. Erstere verlaufen als Stämmchen in den tieferen Kapselschichten, bilden enge Netze mit knotigen Anschwellungen, hier und da weitere Sinus an den Knotenpunkten und nehmen Lymphcapillaren aus den mit der Kapsel zusammenhängenden Trabekeln auf. Die *tiefen*, auch als perivasculäre bezeichneten, Lymphgefässe hängen mit den Spalten der Lymphscheiden an den kleineren Arterien oder mit dem centralen Pol eines Milzfollikels zusammen, durchsetzen die äussersten Schichten der Arterienscheiden als spaltförmige, zum Theil mit Endothelien, die durch Silberbehandlung kenntlich werden, ausgekleidete und durch die oben beschriebene Lymphinfiltration characterisirte Räume und führen zu stärkeren Stämmchen, die mit den Aesten der A. lienalis im Hilus zum Vorschein kommen, daselbst mit denjenigen der Kapsel communiciren.

Beim Pferd, Rind und Schwein sind die Lymphgefässe leichter zu injiciren; es sollen auch die Axen der Trabekeln von Lymphbahnen eingenommen werden (Tomsa, 1863), welche durch feine Spalten mit den Räumen des intervasculären Netzgewebes communiciren (Kyber, 1872), und beim Pferde füllen sich zuweilen Lymphgefässe in der Umgebung stärkerer Nervenstämmchen.

Die Nerven der Milz sind Gefässnerven, besitzen blasse kernführende und sparsame feine doppeltcontourirte Fasern. Sie lassen sich bis zu den feineren Arterien verfolgen. Nach W. Müller (1865) treten blasse Fasern auch in die Capillarscheiden ein, die jedoch mit Endkapseln (S. Nervensystem) nichts zu thun haben; und scheinen beim Rinde in den stärkeren Stämmchen Ganglienzellen eingelagert zu sein.

Harnorgane.

Zu den Harnorganen rechnet man die Nieren mit den Nierenbecken, Ureteren, Harnblase, und der räumlichen Nachbarschaft halber die Nebennieren. Die Harnröhre s. bei den männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen.

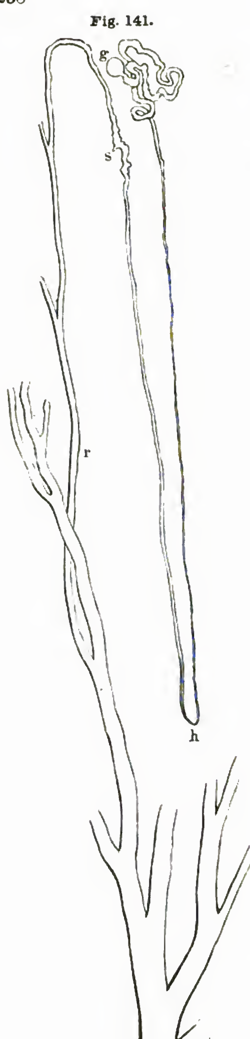
Nieren.

Die *Tunica adiposa* der Niere hat wellig verlaufende Bindegewebsbündel und gewöhnliche Fettzellen; die *Tunica albuginea* s. propria s. fibrosa ist aus strafffasrigen, gestreckten und sich durchkreuzenden Bindegewebsbündeln gewebt; die *Tunica tertia* s. intima, innere Schicht der Tunica fibrosa (Fig. 142 *t*), besteht aus einer dünnen continuirlichen Bindegewebsschicht, die sich in Septa zwischen den Abtheilungen der Nierenrinde fortsetzt, mit sparsameren elastischen Fasern und einem weitläufigen Netzwerk anastomosirender glatter Muskelfaserbündel, deren Nerven ihrer Abstammung nach nicht bekannt sind.

Die Niere selbst ist eine zusammengesetzte tubulöse Drüse und enthält die Glomeruli und Harnkanälchen. Auf den Nierenpapillen münden letztere in das Nierenbecken mit 10—25 Oeffnungen: *Harnporen,* Foramina papillaria (Fig. 141 *p*), und von hier erstrecken sich Kanälchen durch Mark- und Rindensubstanz, die an ihrem in der letzteren gelegenen blinden Ende die Glomeruli enthalten. Von jeder Harnpore geht ein Harnkanälchen aus, in die Substanz der Niere sich erstreckend, aber unter sehr häufig wiederholten Theilungen, so dass mit jeder Pore eine ausserordentlich grosse Anzahl von Glomeruli resp. Harnkanälchen zusammenhängt. Zugleich ist der Verlauf der letzteren durch mannigfache grössere und kleinere Biegungen complicirt, es kommen sogar an bestimmten Stellen rückläufige Abschnitte vor, und wiederholt ändert sich im Verlauf jedes Harnkanälchens sein Kaliber, sowie die Beschaffenheit des Epithels, von dem ersteres an seiner Innenfläche überkleidet wird. Die Querschnitte aber erscheinen stets rundlich: die Harnkanälchen sind also cylindrisch.

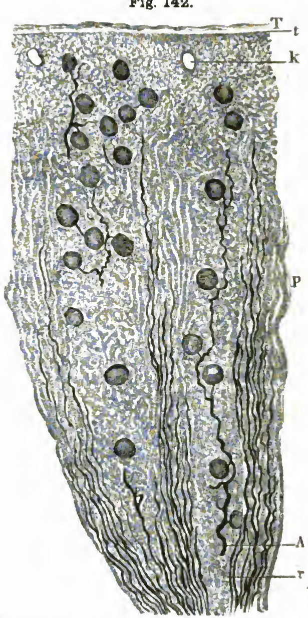
Die auf der Spitze der Nierenpapillen mündenden Kanälchen sind sehr kurz und verhältnissmässig zu den übrigen weit: sie theilen sich fortgesetzt dichotomisch in eine grosse Anzahl von Aesten, die Sammelröhren, Sammelkanälchen; gerade, gestreckte, offene Harnkanälchen; Centralröhren, *Tubuli recti* s. Belliniani, genannt werden. Die ursprünglichen Stämme werden als Stämmchen der Sammelröhren, *Ductus papillarès,* bezeichnet; ihr cylindrisches Epithel sitzt der bindegewebigen interstitiellen Substanz oder dem Stroma der Niere unmittelbar auf, ohne durch eine erkennbare Umhüllungsmembran getrennt zu sein; die Zellen sind cylindrisch mit etwas breiterer eingezahnter Basis. Letztere ist wohl in mehrere kurze Zacken getheilt, die sich zwischen diejenigen benachbarter Zellen einschieben oder hier und da dachziegelförmig decken. Das Protoplasma der Zellen ist hell mit wenigen eiweissartigen Körnchen; ihr ellipsoidischer Kern besitzt Kernkörperchen, weicht nur wenig von der Kugelgestalt ab, steht mit seinem Längsdurchmesser senkrecht zur Kanälchenaxe und sitzt der eingezahnten Zellenbasis näher. Das Lumen der Stämm-

Fig. 141.



Schema vom Bau der Niere. *g* Glomerulus mittelst seines Halses in einen Knäuel des gewundenen Harnkanälchens übergehend. Letzteres setzt sich in den engeren oberen Schenkel und dieser in den weiteren unteren (zwischen *h* und *s* gelegenen) Schenkel des schleifenförmigen Harnkanälchens fort. *h* Scheitel der Schleife. *s* Schaltstück mit zackigen Ausläufern besetzt. *r* Vielfach sich theilende Sammelröhre, in der Nierenrinde eine Arcadenförmige Umbiegung machend. *p* Harnpore d. h. Ausmündung auf einer Papille im Nierenbecken.

Fig. 142.



Durchschnitt durch die menschliche Niere in der Längsaxe einer Pyramide. Arterien mit Leim und Carmin injicirt; Alkohol, Hämatoxylin, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 10. *P* gerade Harnkanälchen eines Pyramidenfortsatzes. *T* Tunica albuginea. *t* Tunica tertia. *A* Arteria interlobularis mit ansitzenden Glomeruli. *r* Arteriola recta aus einem der letzteren (im Holzschnitt nicht ganz deutlich) entspringend. *k* Kapseln, aus welchen ihre Glomeruli herausgefallen.

chen ist absolut und relativ zur Wandstärke ihres Epithels am bedeutendsten unter allen Harnkanälchen.

Ebenso wie in den Stämmchen verhält sich das Epithel der meisten Sammelröhren — mit noch zu schildernden Ausnahmen. Während die Stämmchen leicht wellenförmig gebogen nach der Papillarspitze hin zusammenstrahlen und eine kurze Strecke weit unter der Oberfläche derselben, die als Ausschnitt eines Kegelmantels betrachtet werden kann, sich hinziehen, ist der Verlauf der Sammelröhren selbst in der ganzen Nieren-Pyramide ein wesentlich geradliniger, auch unter sich paralleler. Mit den successiven in ganz spitzen Winkeln vor sich gehenden Theilungen vermindert sich der Durchmesser der Röhren im Ganzen, wie derjenige ihrer Lumina und die Länge ihrer Cylinderzellen; letztere werden schliesslich niedrig, cubisch, einem Platten-Epithel ähnlich. Die Sammelröhren erreichen ihr definitives, nicht weiter sinkendes Kaliber, welches ca. $^{1}/_{4}$ vom Durchmesser der Ductus papillares beträgt, etwa 5 Mm. von der Papillenspitze (Henle, 1862); sie setzen sich in Bündel zusammengeordnet auch in die Rindensubstanz fort und bilden deren *Pyramidenfortsätze.* Letztere (Fig. 142 *P*) bestehen aus Bündeln paralleler Sammelröhren, welche durch zwischengelagerte, eigentliche Rindensubstanz getrennt sind. Auch in dem peripherischen Theile der Pyramiden und in den Pyramidenfortsätzen finden sich dichotomische spitzwinklige Theilungen der Sammelröhren, werden aber seltener. Manche der letzteren biegen am äusseren, der Nierenoberfläche näher gelegenen Ende der Pyramidenfortsätze sich bogenförmig nach der Marksubstanz zurück, Arcaden der Sammelröhren (Fig. 141), theilen sich dann noch während ihres wiederum gegen die Marksubstanz gerichteten Verlaufes und senden auch stärkere Aeste ab, die an Durchmesser den Sammelröhren des peripherischen Abschnitts der Pyramiden nur wenig nachstehen.

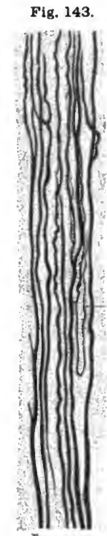
Wie immer das Verhalten der Sammelröhren und ihrer Aeste gewesen sein mag: stets gehen letztere nach einer schliesslichen dichotomischen Theilung in anders beschaffene Abschnitte der Harnkanälchen über: in die *Schaltstücke*, Verbindungskanäle oder Nebenwindungen. Auch die an sie stossenden letzten und engsten Aeste der Sammelröhren sind Verbindungskanäle genannt worden. Die Schaltstücke sind relativ kurze Abtheilungen, von grösserem Kaliber, weiterem Lumen und ausgezeichnet durch ihren in spitzen und stumpfen Winkeln wiederholt geknickten Verlauf (Fig. 141 *s*) mit ansitzenden zahlreichen buckligen oder mehr kegelförmigen Ausbuchtungen, die nach Injection vom Ureter aus deutlicher hervortreten. Ihr Epithel ist helles cubisches Platten-Epithel, ihr Kaliber geringer als das der letzten Aeste der Sammelröhren. Sie finden sich längs des ganzen Verlaufs der Pyramidenfortsätze, häufiger unter der Nierenoberfläche und hängen — vermöge einer etwas verengerten Stelle — mit den schleifenförmigen Kanälchen zusammen.

Vom Schaltstück aus wird nämlich der Verlauf jedes einzelnen Harnkanälchens zunächst ein rückläufiger. Sie kehren in die Nierenpyramide zurück und weil die Schaltstücke näher oder entfernter von der letzteren ihren Anfang nehmen, so muss schon aus diesem Grunde die Länge des rückläufigen Abschnittes eine verschiedene, oft bedeutende, der Länge der ganzen Pyramide gleichkommende oder sie noch übertreffende sein. Näher oder entfernter von der Pyramidenspitze biegt das schleifenförmige Kanälchen, Henlesches Kanälchen, Canaliculus laqueiformis, mit einer scharfen gegen die Pyramidenspitze convexen Krümmung (Fig. 141 *h*, Fig. 143) um, und kehrt, jetzt rechtläufig geworden, nach der Nierenrinde zurück. In allen Theilen der Pyramiden finden sich solche Schleifen, und im Allgemeinen hängen die der

Spitze näheren mit Verbindungsstücken zusammen, welche in der Rindensubstanz weiter nach der Pyramide hin gelegen sind: die im peripherischen Theile der Nierenrinde beginnenden Schleifen reichen weniger weit in die Marksubstanz.

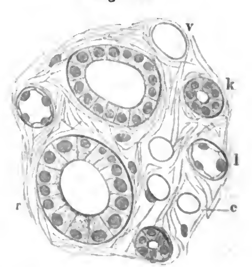
Das Kaliber resp. Lumen des schleifenförmigen Kanälchens ist nicht überall dasselbe; vielmehr an jedem dieser Kanälchen ein engerer und ein weiterer Theil zu unterscheiden. Weiteres Kaliber besitzt der rückläufige Theil, der als *unterer Schenkel* der Schleife zu bezeichnen ist, weil derselbe dem Ende des ganzen Harnkanälchens, d. h. der Papillenspitze in physiologischer Hinsicht, nämlich in Bezug auf den Abfluss des Harns, näher liegt. Der untere Schenkel wird auch als aufsteigender oder offener oder rückläufiger bezeichnet; der *obere Schenkel* dagegen liegt dem Glomerulus in jener Hinsicht näher, er ist als rechtläufiger, absteigender oder blinder Schenkel benannt worden. Constant ist nun der untere Schenkel von weiterem Lumen, mit dickerem, mehr körnigem, trübem Platten-Epithel versehen; der obere

Fig. 143.



Niere des Menschen, vom Ureter mit Leim und Carmin injicirt; Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. Längsschnitt durch eine Pyramide der Marksubstanz, Harnkanälchen injicirt und dunkel. V. 20. *r* Sammelröhre mit drei successiven dichotomischen Theilungen. *l* schleifenförmiges Kanälchen; die Convexität der Schleife ist gegen das Nierenbecken gerichtet.

Fig. 144.



Menschliche Niere, frisch in H. Müller'sche Flüssigkeit gelegt; Alkohol. Querschnitt durch die Pyramide, etwa in der Mitte der letzteren, Hämatoxylin. Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 300. Die Kerne des interstitiellen Bindegewebes und der Epithelialzellen sind dunkel gefärbt. *r* Sammelröhre. *l* schleifenförmiges Kanälchen mit hellem Epithel. *k* ebensolches mit cubischem dunklen Epithel. *v* Harnkanälchen, dessen Epithel herausgefallen. *c* Capillargefässe.

dagegen ganz dünn, sehr eng und besitzt helles, ganz niedriges Platten-Epithel (Fig. 144 *l*). Die Zellenkerne verhalten sich in beiden Schenkeln übereinstimmend, sind annähernd kuglig; an der Stelle, wo sie liegen, springt im hellen Epithel des oberen Schenkels die Zelle wegen ihrer grösseren Dicke weiter in das Lumen vor und letzteres wird dadurch auf dem Querdurchschnitt dreieckig- oder mehreckig-sternförmig. Die Kerne des dunkleren Epithels im unteren Schenkel sind dem Röhrchenlumen näher gerückt und die basale Zellenhälfte erscheint von derselben Beschaffenheit, wie im gewundenen Harnkanälchen (Fig. 146). Die Grenze zwischen dieser geschilderten verschiedenen Beschaffenheit liegt aber nicht etwa an der Umbiegungsstelle

und der Bau ist also bei einem von beiden Schenkeln nicht in dessen ganzer Länge derselbe, sondern stets schliesst sich die Umbiegungsparthie in ihrer Structur entweder dem einen oder aber dem anderen Theile an. Daher giebt es Schleifen-Scheitel mit dunklem körnigem und solche mit hellem Platten-Epithel (Fig. 141 *h*); letztere besonders häufig nach der Pyramidenspitze hin. Dem entsprechend hat ferner entweder der unterste Theil des oberen Schenkels noch dunkles Platten-Epithel, oder der oberste Theil des unteren Schenkels zeigt schon helle klare Zellen. Wenn der körnige Abschnitt des oberen Schenkels relativ lang ist, so erscheint der oberste Abschnitt des letzteren als eine kurze verengte Stelle mit hellem Epithel: Isthmus des Harnkanälchens. — Der Verlauf der schleifenförmigen Kanälchen ist in beiden Schenkeln ein im Ganzen gestreckter, der Papillenaxe paralleler, mit leichten wellenförmigen Ausbuchtungen.

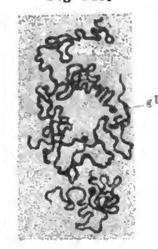
An seinem oberen Ende geht der obere dünnere Schenkel jedes schleifenförmigen in eines der gewundenen Harnkanälchen, Tubuli renales contorti, eigentliche Rindenkanälchen, über, indem der Kanal an Kaliber wie an Lumen zunimmt. Wie der Name sagt, verlaufen die gewundenen Kanälchen torquirt, oft stark geknäuelt, spiralig (Fig. 145); sie bilden der Hauptmasse nach die *eigentliche Rindensubstanz,* das Nierenlabyrinth (Fig. 142, Fig. 146). An ihrem Anfang resp. am Ende des schleifenförmigen Kanälchens ist der Verlauf ein mehr geradliniger, zur Nieren-Aussenfläche senkrechter; das Epithel der schleifenförmigen wird allmälig höher, seine Zellen kommen dem halben Radius des ganzen Kanälchens an Höhe gleich, sind rundlich-polygonal, mit rundlichen Kernen. In den gewundenen Kanälchen ist das Epithel cubisch, nach dem Lumen hin werden die Zellen auf Querschnitten ein wenig schmaler und stellen so andeutungsweise eine vierseitige, stark abgestumpfte Pyramide mit auf der Basis fast senkrechten Seitenflächen dar. Der Querschnitt des Lumens ist an frisch untersuchten Kanälchen meist sternförmig, wie unter Umständen in Acini (S. 37, Fig. 23 *A*). Der annähernd kuglige Kern sitzt in der dem Lumen näheren Zellenhälfte, welche heller ist; die dunkelkörnige Beschaffenheit der basalen Hälfte ist wesentlich abhängig von einer Auffaserung des Zellen-Protoplasma in kurze, ein wenig nach der Basis divergirende stäbchenartige Fäserchen, Stäbchen-Apparat der Niere, wie sie auch in anderen Drüsen vorkommen (Fig. 146). Hiernach ist das scheinbar körnige Epithel der gewundenen Harnkanälchen als Stäbchen-Epithel bezeichnet worden; ebensolches ist das dunkle körnige Epithel der unteren Schleifenschenkel (S. 240). Nur bei sehr starken Vergrösserungen, aber auch ohne allen Zusatz zu dem frischen Nierenschnittchen, werden die Stäbchen deutlich; bei mittelstarken bedingen sie, da sie meist in der Richtung ihrer Längsaxe an dem von seiner Peripherie her betrachteten Harnkanälchen sichtbar werden und deshalb punktförmig erscheinen, das feinkörnige Aussehen des gewundenen Rindenkanälchens.

Die Stäbchen erhalten sich in 33%iger Natronlauge, mässig concentrirter Salpetersäure, H. Müller'scher Flüssigkeit, 5%igem neutralem chromsaurem Ammoniak, 5%igem molybdänsaurem Ammoniak; sie quellen in 0,1%iger Chlorwasserstoffsäure nach vorherigem Einlegen in Alkohol, färben sich blau nach Injection von indigblauschwefelsaurem Natron in das Blut lebender Thiere. Entdeckt wurden sie von Heidenhain (1872). Beim Hunde hat das den Kern umgebende wirklich körnige Protoplasma sternförmige Gestalten. Stäbchen kommen bei Säugethieren wie beim Menschen vor; bei Vögeln und Amphibien nur in den unteren Schleifenschenkeln, mit Ausnahme von Schildkröten und Schlangen, denen sie ganz zu fehlen scheinen (Heidenhain, 1873).

Der Bau des letzteren, dessen scheinbar structurlose Wand durch Silber als aus polygonalen Endothelien bestehend nachgewiesen wird, während sich in Chromsäure-Präparaten unter sehr starken Vergrösserungen eine äusserst feine und dichte, quere und schräge fasrige Beschaffenheit seiner Innenfläche erkennen lässt, bleibt in seiner ganzen Ausdehnung derselbe; bis an seinem

oberen Ende eine plötzliche Verengerung, *Hals* des gewundenen Harnkanälchens, auftritt, worauf dann sofort eine kuglige Ausbuchtung folgt, in welcher der Glomerulus sitzt. Der dem Glomerulus benachbarte Theil bildet einen engeren Knäuel, demjenigen einer Schweissdrüse nicht unähnlich (Fig. 141 bei *g*, Fig. 145). Der Hals hat dunkles körniges Platten-Epithel, das sich in die Kapsel des Glomerulus eine kleine Strecke weit fortsetzen kann.

Fig. 145.



Aus derselben menschlichen Niere wie Fig. 143. Rindensubstanz; gewundene Harnkanälchen bis in die Kapseln der Glomeruli *gl* mit Leim und Carmin gefüllt. Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 15.

Der Glomerulus, Gefässknäuel, Malpighi'sches Körperchen der Niere, ist ein kugelförmiger Körper, besteht hauptsächlich aus Blutgefässen und sitzt an einem *Stiel* fest, bis an welchen die *Kapsel*, Müller'sche Kapsel, Bowman'sche Kapsel, heranreicht (Fig. 146). Die Kapsel des Glomerulus zusammen mit letzterem wird auch wohl als Malpighi'sches Körperchen bezeichnet; sie besteht aus einer structurlosen Membran und aufsitzendem Epithel. Der Glomerulus ist nach dem Gesagten in das obere Ende des gewundenen Harnkanälchens gleichsam eingestülpt; die Innenfläche seiner Kapsel mit polygonalen, durch Silber sichtbar zu machenden, ganz platten Epithelialzellen mit platten ovalen Kernen ausgekleidet, welche sich nach dem Halse zu an die erwähnte Fortsetzung von dessen körnigem Epithel anschliessen, jedoch mit scharfer, manchmal innerhalb der Kapsel selbst gelegener Grenzlinie aufhören. Der Glomerulus füllt an der lebenden Niere seine Kapsel vollständig aus: bei 800facher Vergrösserung ist an sehr feinen Durchschnitten lebend in Kältemischungen gebrachter Nieren vom Schwein etc. eine kaum messbar feine, kugelschalenförmige Spalte zwischen Kapsel-Epithel und dem des Glomerulus wahrnehmbar. Die Capillargefässschlingen des letzteren ragen keineswegs frei und isolirt in das Lumen der Kapsel hinein, wie es an injicirten Alkoholpräparaten den Anschein hat, sondern die Oberfläche des Glomerulus ist genau kugelförmig, glatt; die Einkerbungen zwischen den Gefässschlingen werden von einzelnen, platten, rundlich-polygonalen, leicht körnigen Epithelialzellen eingenommen, die kleiner, aber etwas dicker sind, als die ganz platten des Kapsel-Epithels, und dem Bindegewebe unmittelbar aufsitzen, welches die Blutgefässe des Glomerulus zusammenhält und, vom Epithel bedeckt, an dessen Oberfläche zwischen denselben hervortritt.

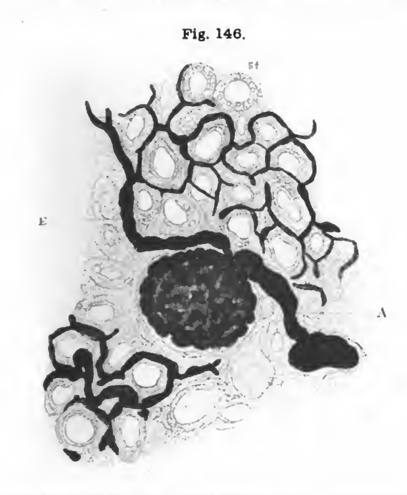
Die Länge der ebenfalls platten, länglichen, etwas eckigen Kerne des Glomerulus-Epithels beträgt etwa 0,006, ihre Dicke 0,0026, ihr Abstand von einander beispielsweise 0,0161; in Präparaten aus H. Müller'scher Flüssigkeit, die man hat gefrieren lassen, und mit Tinctionsmitteln sind sie ebenfalls darzustellen; die Zellengrenzen auch durch Silber an eingelegten Rindenschnittchen noch warmer Schweinsnieren.

Die Zellen auf der Glomerulus-Oberfläche sind auch durch 5%iges neutrales chromsaures Ammoniak darstellbar (Heidenhain, 1873). — Die nach Chromsäure-Behandlung auftretende Structur der Harnkanälchen-Membranen beschrieb schon Wedl (Wiener Sitzungsberichte, 1850).

Blutgefässe der Niere. Arterien. Jeder Glomerulus erhält eine zuführende *A. afferens* s. advehens (Fig. 146, *A*) und eine wegführende *A. efferens* s. revehens, die beide gleichen Durchmesser, sowie quergestellte glatte Muskelfasern in ihrer Wandung besitzen. Beide Arterien verlaufen neben einander in dem aus etwas Bindegewebe bestehenden Stiel des Glomerulus,

welcher dem Hals des gewundenen Harnkanälchens gewöhnlich gerade gegenüber sitzt, und sind einander im Kaliber sehr nahe gleich. Die erstere theilt sich innerhalb des Glomerulus sofort in zwei bis drei ganz kurze Aeste, diese verästeln sich wiederholt in derselben Weise, so dass 20—28 Capillargefässe resultiren, die gewunden verlaufen, Endschlingen mit an der dem Spaltraum zugekehrten Oberfläche des Glomerulus gelegenen Scheiteln bilden und dann in stärkere capillare Stämmchen übergehen, welche die A. efferens zusammensetzen. Auf diese Art entsteht durch den gewundenen Verlauf der Capillargefässschlingen ein scheinbar complicirter Gefässknäuel, in welchem jedoch durchaus keine weiteren Anastomosen der einzelnen Schlingen unter einander vorhanden sind. Die Arterien, welche die Glomeruli versorgen, stammen aus der A. renalis. Deren grössere Aeste treten zwischen die Nierenpapillen ein, verlaufen im interstitiellen Bindegewebe, das die Papillen von den zwischen sie eindringenden Parthien der Rindensubstanz sondert. Man kann daher die Niere in ebenso viel Läppchen getrennt sich denken, als sie Pyramiden enthält, deren Grenzen aber nur microscopisch erkennbar sind; hierauf bezieht sich die Benennung dieser Arterien. Vorher geben die grösseren Aeste an das Nierenbecken und dessen grosse Blutgefässstämme Zweige ab, theilen sich mehrfach wiederholt dichotomisch; ihre Aeste biegen sich Arcadenförmig um die Basis der Pyramiden, in der Grenzschicht zwischen diesen und dem Mark verlaufend, ohne mit den benachbarten Aesten zu anastomosiren; sie geben nur von ihrer convexen Seite ihre Zweige ab, die an Zahl die früher erwähnten bei Weitem übertreffen und als *Aa. interlobulares*, Interlobulararterien, ihren Verlauf radiär zur Oberfläche der Niere nehmen. Die Interlobulararterien entsenden fortwährend unter rechten oder etwa einem halben rechten gleichkommenden, gegen die Nierenoberfläche offenen Winkeln ihre Endzweige, die nichts Anderes sind, als die Aa. afferentes der Glomeruli. Dem entsprechend sitzen letztere an den arteriellen Aesten, wie Weinbeeren an ihren Stielen (Fig. 142). Einige Endäste gehen jedoch direct als Rr. capsulares an die drei umhüllenden Tunicae der ganzen Niere, anastomosiren mit den sonstigen, dieselben versorgenden Arterien (Bd. II) und

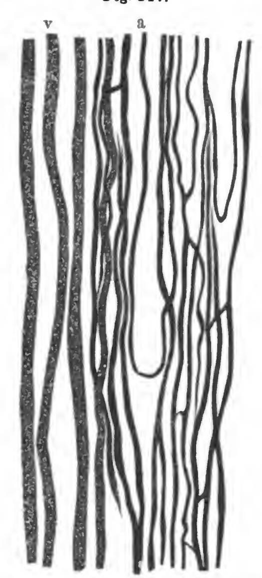
Fig. 146.



Sehr feiner Durchschnitt aus der Nierenrinde; A. renalis mit Berlinerblau injicirt. Chromsäure, Alkohol, Glycerin. V. 600/160. *A* A. afferens, *E* A. efferens des Glomerulus, letztere in das Capillarnetz um die gewundenen Harnkanälchen übergehend. *st* Epithelialzellen eines solchen, dessen Membran durch die Schnittführung entfernt ist, mit Stäbchen-Apparat.

bilden in denselben ein weitmaschigeres Capillarnetz, geben vorher auch einzelne Aestchen zu den Capillaren der Rindensubstanz. Die Aa. efferentes (Fig. 146, *E*) senden Capillaren zu dem Netz, das die gewundenen Harnkanälchen umspinnt (Fig. 146), und lösen sich nach zum Theil kurzem Verlauf in ein Capillarnetz mit länglich-polygonalen Maschen auf, welches die Kanälchen der benachbarten Pyramidenfortsätze, mit dem Längsdurchmesser seiner Maschen deren Längsrichtung folgend, umspinnt, und sich in ein die gewundenen Harnkanälchen umgebendes, etwas weitmaschigeres Netz mit mehr rundlich-polygonalen Maschen fortsetzt, aus welchem nicht nur die Venen, sondern auch der grössere Theil eigenthümlicher *Arteriolae rectae* (Fig. 147, *a*) s. Vasa recta, ihren Ursprung nehmen. Dieselben haben den Bau stärkerer Capillaren, sind bündelweise zusammengelagert und empfangen ihr Blut aus drei Quellen. Einige wenige Arteriolae rectae werden (zweitens) ausnahmsweise von den Aesten der Interlobulararterien direct abgegeben, ein (dritter) grösserer Theil ist die Fortsetzung (Fig. 142 *r*) derjenigen Aa. efferentes, welche aus der Pyramidensubstanz zunächst benachbarten Glomeruli hervorgehen. Sie sind weit länger als die übrigen Aa. efferentes, verlieren nach kurzem Verlauf ihre Muskelschicht und verhalten sich im weiteren Verlaufe wie die Arteriolae rectae überhaupt. Diese dringen nämlich zu mehreren neben einander in die Pyramiden selbst ein und versorgen dieselben, in der Richtung zum Hilus verlaufend und sich unter spitzen Winkeln in ein Capillarnetz auflösend, welches, nach seiner Anordnung demjenigen in den Pyramidenfortsätzen entsprechend, die Sammelröhren und schleifenförmigen Kanälchen umspinnt. Die Capillaren in der Papillenspitze biegen schlingenförmig um, den convexen Scheitel der letzteren zukehrend; von den ähnlich verlaufenden schleifenförmigen Kanälchen unterscheiden sie sich mit Leichtigkeit schon durch ihre Communication mit benachbarten Capillaren (Fig. 147). Das aus den Glomeruli kommende Blut passirt also entweder von Neuem ein arterielles Gefäss und einen Capillarbezirk: der Glomerulus ist als ein bipolares Wundernetz aufzufassen, das zwischen den Aa. afferens und efferens eingeschaltet liegt. Oder ersteres circulirt durch einen Capillargefässbezirk um die gewundenen Harnkanälchen und einen zweiten (vielmehr dritten: den Glomerulus mitgerechnet) in den Pyramiden.

Fig. 147.



Nierenpyramide, Schnitt parallel ihrer Längsrichtung. V. 150. *v* Vier Venulae rectae mit Leim und Chromgelb injicirt. *a* Arteriolae rectae mit kaltflüssigem Berlinerblau gefüllt, in capilläre Längsmaschen übergehend, die zum Theil als schleifenförmige Umbiegungen auftreten.

Die Venen entstehen hauptsächlich aus dem Capillarnetz um die gewundenen Harnkanälchen, dessen Blut nach dem Gesagten die Glomeruli

passirt hat, bilden an der Nierenoberfläche grössere, sternförmig zusammentretende Venenwurzeln, *Venae stellatae*, Stellulae Verheynii, und verlaufen, den Arterien folgend, fortwährend venöse Aestchen aufnehmend, in der Richtung auf den Hilus, als *Vv. interlobulares*. Die Pyramidenfortsätze werden in regelmässigen und weiten Abständen von etwa vier gleichgerichteten Vv. interlobulares umgeben. Das durch die Arteriolae rectae zugeführte Blut sammelt sich in venösen Aestchen, die in den Papillenspitzen beginnen, hier mit den Zweigen des Nierenbeckens communiciren, einen nach der Nieren-Peripherie gerichteten Verlauf nehmen, indem sie, zu mehreren bündelweise gruppirt, die Arteriolae rectae als *Venulae rectae*, Venen der Pyramiden, begleiten (Fig. 147, *v*). Wie diese liegen sie im peripherischen Theil der Pyramiden zwischen den Bündeln gerader und schleifenförmiger Harnkanälchen, locker und leicht geschlängelt in das interstitielle Bindegewebe eingebettet, und geben im gefüllten Zustande jenem Nierentheile die für das blosse Auge auffallende röthliche Streifung. Sie münden dann in die aus der Rinde kommenden Venenstämmchen — d. h. die Anfänge der Vv. interlobulares — büschel- oder quastenförmig ein, kranzförmig den Kegelmantel jeder Pyramide umgebend und mit den Venen der benachbarten Pyramiden communicirend. Die Abgabe der stärkeren venösen Aestchen findet meist unter annähernd rechten Winkeln statt.

Die Lymphgefässe der Niere werden als *oberflächliche* und *tiefe* unterschieden. Erstere verlaufen mit weiten Maschen in den Hüllen des Organs; letztere als meist paarweise begleitende Stämmchen neben den Arterien und sollen als Lymphbahnen ohne nachgewiesenes Endothel zahlreich zwischen den gewundenen Harnkanälchen, sparsam in den Pyramiden und neben den Pyramidenfortsätzen, resp. zwischen den Arteriolae und Venulae rectae sich finden. Der Abfluss findet theils durch Stämmchen statt, die aus dem Hilus hervortreten; theils durch Communication der tieferen mit den oberflächlichen Lymphgefässen.

Die sparsamen Nerven der Niere enthalten blasse und spärliche doppeltcontourirte Fasern und einzelne kleine Ganglienzellenhaufen im Hilus, verlaufen mit den Arterien und als feine, nur aus drei bis vier blassen kernführenden Fasern bestehende Stämmchen in den Papillen, gegen deren Spitze hin sich in einzelne isolirte Fasern auflösend (W. Krause, 1867). Die Nerven sind wahrscheinlich ausschliesslich Gefässnerven. Im Hilus der Niere sah Tyson (1870) bei jungen Schweinen microscopische Ganglien (s. a. S. 248).

Das *interstitielle Bindegewebe* der Niere, Stroma der Niere, hängt mit der Tunica tertia (S. 237) zusammen, ist am beträchtlichsten an den Spitzen und dann an den kegelmantelförmigen Grenzsäumen der Pyramiden entwickelt, besteht aus langen, mehr spindelförmigen, abgeplatteten Inoblasten, deren Längsdurchmesser und Fortsätze hauptsächlich in querer Richtung zur Längsaxe der Harnkanälchen, namentlich in den Pyramiden, sich zu erstrecken pflegen. — Die längslaufenden feinsten arteriellen und venösen Blutgefässe der Pyramiden werden von longitudinalen Zügen glatter Muskelfasern begleitet oder seitlich theilweise umscheidet.

Die Zusammensetzung der Rinden- und Marksubstanz ist nach Allem eine bedeutend complicirte. Letztere enthält in den Pyramiden: Sammelröhren, schleifenförmige Kanälchen, Arteriolae und Venulae rectae; in ihren Zwischenräumen: Aa. und Vv. interlobulares, Lymphgefässstämmchen, gewundene Harnkanälchen nebst Glomeruli. In der Grenzschicht zwischen Mark und Rinde sind die weiteren Schenkel der schleifenförmigen Kanälchen besonders häufig anzutreffen, da die engeren hier bereits in gewundene Kanälchen übergegangen zu sein pflegen. Auch im peripherischen Theile der Pyramide überwiegen auf Querschnitten die weiteren Schenkel mit dunklem Epithel, weil die Schleifenscheitel hier gewöhnlich letzteres führen, das sich in beiden Schenkeln lange fortsetzt, indem das helle Epithel auf eine kürzere Strecke reducirt ist. Die Rindensubstanz bietet: Pyramidenfortsätze mit Sammelröhren und peripherischen Abschnitten der schleifenförmigen Kanälchen, ferner Schaltstücke, gewundene Kanälchen, Glomeruli, Venae stellatae.

Die Gesammtlänge eines Harnkanälchens vom Glomerulus bis zur Papillenspitze wird auf ca. 50 Mm. geschätzt; die Gesammtzahl der Glomeruli und die genau entsprechende der schleifenförmigen Kanälchen und Schaltstücke auf mindestens $^1/_2$ Mill. in jeder Niere des Schweines; wobei auf 1 Cub.-Mm. Rinde der menschlichen Niere durchschnittlich 6 Glomeruli kommen (Schweigger-Seidel, 1865); zu einem Ductus papillaris gehören mindestens 1000 Glomeruli. Die Kaliber verschiedener Abschnitte jedes Harnkanälchens ändern sich, wie erwähnt, in gesetzmässiger Weise; am wichtigsten erscheinen die Verengerungen, welche am Halse des gewundenen, am oberen Schenkel des schleifenförmigen Kanälchens, am oberen Ende des Schaltstücks und am unteren Ende des letzteren, also viermal, vorhanden sind und selbstverständlich durch drei zwischenliegende weitere Stellen: gewundenes Kanälchen, unterer Schenkel des schleifenförmigen, und Schaltstück, getrennt werden.

Die Bedeutung der eigenthümlich verwickelten Aufeinanderfolge verschiedener Abschnitte innerhalb jedes Harnkanälchens und der offenbar correspondirenden, nicht minder complicirten Blutgefäss-Vertheilung für den Mechanismus der Harnsecretion ist bis jetzt weder auf vergleichend-anatomischem, noch entwicklungsgeschichtlichem (S. 253), noch chemischem Wege verständlich zu machen gewesen. Offenbar handelt es sich um *physicalische* Vorrichtungen, die in den meisten Wirbelthierkörpern auf völlig analoge Weise thätig werden, und sind in erster Linie gewiss die Diffusions-Erscheinungen in Betracht zu ziehen. Nun haben bekanntlich Ranke (1868) für das Cylinder-Epithel des Darmkanals, Susini (1868) für das geschichtete Platten-Epithel der Harnblase, Meissner (1868) für das einfache Epithel an der Hinterfläche der vorderen Linsenkapsel-Wand, Leber (1873) auch für die Endothelien der Membrana Descemetii die Eigenschaft, Diffusion mancher wässrigen Lösungen zu verhindern, nachgewiesen. Jedoch ist die Epitheldecke des Glomerulus ohne Zweifel undicht genug, um dem Harnwasser *Durchtritt* zu gestatten (Bowman, 1842), welches dann die wesentlichen Harnbestandtheile aus den Epithelien der gewundenen Kanälchen und unteren Schleifenschenkel auslaugt.

Historisches. Die Tunica tertia wurde von Winslow (1732) und von M. Schmidt (1860) unterschieden; ihre glatten Muskelfasern von Remak (1862) bei Wiederkäuern und der Natter, von Eberth (1872) beim Menschen gefunden und durch W. Krause (1873) bei letzterem bestätigt; die schleifenförmigen Kanälchen von Henle (1862) entdeckt, ihr Zusammenhang mit den gewundenen Harnkanälchen einerseits und den Sammelröhren andererseits von Ludwig (1863) nachgewiesen, von Schweigger-Seidel (1863) die Schaltstücke als besondere Bildungen erkannt. Anastomosen der Schaltstücke resp. von in deren Gegend gelegenen Sammelröhren-Aesten, die auch verschiedenen Papillen angehören sollen, sind seit Henle (1862) von vielen Beobachtern angegeben worden, ohne dass eine Verwechslung mit optisch sich deckenden, unvollständig injicirten Zweigen von solchen zuverlässig ausgeschlossen worden wäre.

In **vergleichend-anatomischer** Hinsicht ergeben sich bemerkenswerthe Uebereinstimmungen im Wesentlichen des Nieren-Aufbaues. Die Nieren der Säugethiere bieten im Ganzen sehr ähnliche Verhältnisse dar, wie die des Menschen; obgleich manche nur eine einzige Nierenpapille besitzen. Genauer untersucht sind: Fledermaus, Hund, Katze, Igel, Wiesel, Maulwurf, Rind, Schaf, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte, Maus, Pferd und Schwein. — Die Länge der Harnkanälchen vom Glomerulus bis zur Papillenspitze ist bei kleinen Säugethieren geringer; sie betrug bei einem Kanälchen von Cavia 26 Mm.; bei der Katze 35—40 Mm. (Schweigger-Seidel, 1865). — Die Epithelialzellen der gewundenen Kanälchen sind beim Hunde und bei der Katze constant mit zahlreicheren grösseren Fetttröpfchen infiltrirt. Dieselben liegen in den Stäbchen (Heidenhain, 1873). Bei der Katze ist der Beginn der gewundenen Harnkanälchen am Uebergang in den oberen Schenkel des schleifenförmigen mit schräg gestellten, sich dachziegelförmig deckenden Cylinder-Epithelien ausgekleidet (Steudener, 1864).

Bei den übrigen Wirbelthieren sind im Allgemeinen dieselben verschiedenen Abschnitte der Harnkanälchen zu unterscheiden, nur dass die Gesammtlänge vom Glomerulus bis zum Sammelrohr eine viel geringere ist, und beispielsweise bei Fischen nur 2 Mm. beträgt (Hüfner, 1866). Sehr einfach gebaute Nieren hat Bdellostoma (J. Müller, 1830): ein ganz kurzes Kanalstück verbindet Glomerulus und Sammelrohr. Beim Frosch sind Rinden- und Marksubstanz nicht deutlich gesondert; die Innenfläche der Kapsel des Glomerulus beim Frosch (Duncan, 1867), namentlich aber der Hals des gewundenen Kanälchens besitzt Flimmer-Epithel bei Amphibien und Fischen, welches schon Kölliker (1845) in der Froschniere sah, und bei Amphibien flimmert auch der dem oberen Schenkel des schleifenförmigen Kanälchens homologe Abschnitt (Mecznikow, 1866; Heidenhain, 1873). Ueber die Schlangenniere s. S. 31. — Die Tritonen-Männchen zeichnen sich dadurch aus, dass im vorderen Theil der Niere vom Glomerulus nach einer Seite hin ein mit Flimmer-Epithel ausgekleidetes Harn-, nach der anderen ein Samenkanälchen abgeht.

Die Glomeruli der Säuger sind an der Oberfläche der Niere im Allgemeinen nicht kleiner als im übrigen Rindentheil; sie kommen bis dicht an die Tunica tertia vor, ohne letztere zu erreichen. Dagegen haben Fische, Batrachier und Vögel Glomeruli, die um so grösser sind, je näher sie den Eintrittsstellen der Nierenarterien liegen. Während bei grösseren Säugethieren (Rind, Pferd) die A. afferens handförmig in 5—8 primäre Aestchen zerfällt, sind deren bei niederen Wirbelthieren noch mehr vorhanden (Hyrtl, 1863). — Ob das Epithel des Glomerulus ein continuirliches, wie es bei Tritonen (Bidder, 1845), Schildkröten (Leydig, 1857), menschlichen Embryonen (Schweigger-Seidel, 1865) und Neugeborenen (Strijbosch, 1870) der Fall, wird von Manchen bestritten; jedenfalls wächst der Glomerulus in das sich einstülpende Ende seines Harnkanälchens hinein. Ein mehrfach (Isaacs, 1857; Chrzonszczewsky, 1864) abgebildetes, vermeintlich aus dicken, fast cubischen Zellen zusammengesetztes Epithel des Glomerulus ist durch einzelne, öfters bei sehr vollkommenen Injectionen leer bleibende Gefässschlingen am Rande des Knäuels und deren Kerne vorgetäuscht.

Ueber die Blutgefäss-Vertheilung ist noch Folgendes zu bemerken. Diejenigen Arteriolae rectae, welche zuweilen aus den Aa. interlobulares direct stammen, werden auch als Arteriolae rectae verae unterschieden (Ludwig, 1870). Der Anschein, als ob solcher Ursprung regelmässig und in Quasten- oder Büschelform stattfände (Arnold, 1847; Isaacs, 1857; Virchow, 1857; Retzius, 1857; Beale, 1859), wobei die Nierenpyramiden ein nutritives Gefässsystem besitzen, resp. Blut erhalten würden, das vorher keine Glomeruli passirt hätte, entsteht einestheils an mit undurchsichtigen Massen injicirten Nieren dadurch, dass die A. interlobulares, bogenförmig oder in sog. Semi-Arcaden verlaufend, die der Nieren-Oberfläche näher gelegenen Enden bündelförmig geordneter Arteriolae überkreuzen: andererseits durch Verwechslung mit benachbarten Venulae rectae, die in der That büschelförmig aus der V. interlobularis entstehen. Capilläre Aeste der Arteriolae rectae hängen manchmal schlingenförmig mit venösen Capillaren der Venulae rectae zusammen (Kölliker, 1863). Das Blut, welches in den Capillaren der Pyramiden fliesst, ist, wie (S. 244) erörtert, grösstentheils bereits durch andere Capillaren gegangen, zum Theil sogar durch zwei Netze; das der Glomeruli und der Rindencapillaren. Diese höchst merkwürdige, von Henle (1862) entdeckte Anordnung ist leicht zu bestätigen. — Von sog. Ernährungsgefässen, die zu den Harn-absondernden Glomeruli in keiner Beziehung stehen, besitzt die Niere Capillaren in der äussersten Rinde, die von Endästen der Nierenarterie direct abgegeben werden, und zuweilen sparsame Arteriolae rectae verae. Vermöge beider Einrichtungen fliesst das Blut in den entsprechenden Capillarbezirken unter höherem Druck, als es in den Aa. efferentes an und für sich noch besitzen würde.

Die Inoblasten des interstitiellen Bindegewebes sind öfters für glatte Muskelfasern gehalten, auch wohl für pathologische Neubildungen angesehen worden.

Nierenbecken.

Die Schleimhaut des Nierenbeckens ist mit geschichtetem Platten-Epithel überdeckt, dessen Zellen eine beträchtliche Grösse besitzen und jene mannigfaltigen Formen besonders deutlich zeigen, wie sie vom geschichteten Platten-Epithel bekannt sind (S. 25, Fig. 9). Constant sind vier Lagen von Zellen vorhanden: die äusserste besteht aus ziemlich regelmässig polygonalen und abgeplatteten oder mehr cubischen Zellen mit feinkörnigem Zellenkörper, kugligem hellen Kerne nebst mehreren Kernkörperchen (S. 12); von ihrer unteren Fläche ragen kurze spitze Fortsätze zwischen die Zellenkörper der zweiten und dritten Lage; die zweite ist aus Flügelzellen zusammengesetzt; die dritte aus kolbenförmig am äusseren Ende angeschwollenen Cylinderzellen mit langen Basalfortsätzen und Fussplatten, mit denen sie der Schleimhautgrenze eingezahnt sind; indem die Zellen sich von ihren Fussplatten trennen, rücken sie nach oben und werden einfach keulenförmig. Zwischen ihren Fortsätzen befindet sich die innerste, aus ellipsoidischen, oben abgerundeten oder kegelförmigen, kernhaltigen Protoblasten, Ersatzzellen, bestehende. Die Kerne der drei inneren Schichten verhalten sich wie die der äussersten, sind aber, namentlich in der innersten, ellipsoidisch, mit der Längsaxe senkrecht zur Schleimoberfläche gestellt. — An den Nierenpapillen setzt sich das Cylinder-Epithel der Ductus papillares mit scharfer Grenze gegen das des Nierenbeckens ab; die Schleimhaut reicht 2—3 Mm. auf die Papillen hinüber.

Die bindegewebige Grundsubstanz der eigentlichen Schleimhaut hat eine fast ebene Oberfläche, keine Papillen, sparsame elastische Fasern und zahlreiche Inoblasten. Eine festere, an elastischen Fasern reiche Submucosa grenzt an die weit dünnere Propria und enthält sparsame, einfache, *acinöse Drüsen*, deren Ausführungsgang mit Cylinder-Epithel ausgekleidet ist, in sehr schräger Richtung die Propria durchbohrt, und von denen etwa 1—2 auf ein Quadratcentimeter kommen. — An die Submucosa schliesst sich nach aussen die innere Muskellage mit glatten, radiär verlaufenden Muskelfasern; sie endigt an den Nieren-Papillen früher als die äussere oder Ringmuskellage, die quergestellte glatte Muskelfasern besitzt. Um die Papillen sind letztere etwas stärker entwickelt, 0,1 dick: Ringmuskel der Papille. — Während die Tunica albuginea mit dem die A. und V. renalis umhüllenden Bindegewebe verwächst, reicht die Tunica tertia (S. 237) bis an die Anheftungsstellen der Nierenbecken-Schleimhaut.

Die Blutgefässe, Vasa nutrientia pelvis renalis, stammen von der A. und V. renalis. Sie bilden, was die Schleimhaut selbst anlangt, polygonale Capillarnetze, von denen Schlingen gegen kaum angedeutete Hügel der Oberfläche aufsteigen; Lymphgefässe und Nerven verhalten sich wie im Ureter (S. 248).

Der Anschein des öfteren Vorkommens von zwei Kernen in den Epithelialzellen des Nierenbeckens verschwindet bei stärkeren Vergrösserungen und Anwendung H. Müller'scher Flüssigkeit oder ähnlich färbender Lösungen. — Acinöse Drüsen im Nierenbecken des Menschen wurden von Unruh* (1872) entdeckt, durch Egli (1873)† bestätigt: das Pferd besitzt zahlreichere, den tubulösen ähnliche Drüsen im Nierenbecken (F. Müller, 1862), ebenso das Maulthier und der Esel (Palladino, 1872). Man macht sie durch Maceration in 2%iger Essigsäure sichtbar (W. Krause).

Harnleiter.

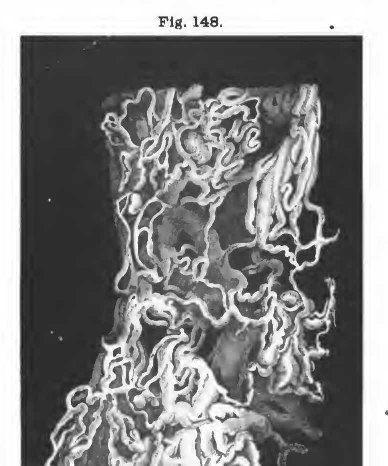
Das Epithel der *Ureteren*-Schleimhaut und diese selbst ist wie im Nierenbecken beschaffen. Die Bindegewebszüge der Propria verlaufen vorwiegend longitudinal, sind arm an elastischen Fasern; acinöse Drüsen fehlen.‡ Die Schleimhaut wird von der Muscularis zunächst mit einer Längsmuskelschicht

*Unruh, Arch. f. Heilkunde, 1872, 5. Heft, S. 289
†Egli. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 9. p. 65[?]. 1873.

‡Ueber Krypten im Ureter siehe Litten. Fall von Ureteritis chronica cystica polyposa. Virch. Arch. Bd. 66. S. 141. 1876.

glatter Fasern umhüllt; die äussere Ringmuskellage ist, mit Ausnahme des obersten Viertels des Kanals, noch von einer dritten äussersten Muskellage bedeckt, deren Fasern wiederum in der Längsrichtung verlaufen.

Fig. 148.



Lymphgefässe der Ureter-Schleimhaut, mit Leim und Chromgelb injicirt, bei auffallendem Lichte. V. 70. Die Lymphcapillaren bilden Netze und gehen nach der Tiefe in stärkere Lymphgefässstämmchen über.

Die Adventitia enthält im unteren Theile des Ureters stärkere elastische Faserbündel: Sehnen der von der Harnblase (S. 249) auf die Ureteren übergehenden glatten Muskeln.

Die **Blutgefässe** verhalten sich wie im Nierenbecken; die Venen der Submucosa sind weit und dünnwandig; die **Lymphgefässe** der Schleimhaut bilden ein weitmaschiges, oberflächliches und in der Submucosa ein reichhaltiges, gut entwickeltes, durch Anschwellungen an den Knotenpunkten (Fig. 148) charakterisirtes Netz; in der Adventitia verlaufen die wegführenden Stämmchen. — Die **Nerven** des Ureters führen sparsame doppeltcontourirte neben blassen Fasern, die Stämmchen in der Adventitia zuweilen auch einzelne Ganglienzellen; sie sind hauptsächlich motorischer Natur und die einzelnen Fasern endigen in weiten Abständen von einander, ohne dass Genaueres über ihre Endigungsweise sich angeben lässt (S. Nervensystem).

Beim Kaninchen sind grössere Ganglien und einzelne Zellen, die denen des Plexus vesicalis inferior (S. Harnblase-Nerven) entsprechen, aber weiter nach aufwärts, nämlich längs des unteren Dritttheils des Ureters sich erstrecken, den Stämmchen der Adventitia eingelagert; sparsame Zellen kommen auch am Nierenbecken vor. Die blassen Nervenfasern reichen theilweise bis zum Epithel der Schleimhaut (Engelmann, 1869).

Harnblase.

Die **Schleimhaut** nebst Epithel verhält sich wie im Nierenbecken; die Submucosa ist stärker entwickelt, lockerer, mit Ausnahme des Blasengrundes, woselbst sie fest an die Muscularis angeheftet ist und ausser einzelnen runden oder ovalen Crypten (S. 32, Fig. 15) zahlreichere einfache, wenig verästelte, kleine *acinöse Drüsen* enthält: mit cylindrischem Epithel in den Ausführungsgängen.

Die **Muscularis** hat in der *äusseren Schicht*, sog. M. detrusor, netzförmig verflochtene längslaufende Bündel mit zahlreichen elastischen Fasern, die als sehnenartige Fortsätze, die Enden der Bündel umlagern können; in der *inneren Schicht* sparsamere Längsbündel, die am Blasenscheitel netzförmig verflochten sind; in der *mittleren Schicht* mehr quer und auch schräg verlaufende, deutlicher gesonderte und ebenfalls netzförmig verflochtene Bündel, zwischen welchen einestheils Lücken bleiben, in denen die Submucosa direct an die äussere Muskellage angrenzt, und die anderentheils auch mit den Bündeln des M. detrusor zusammenhängen.

Nach Engelmann bilden die Muskelfasern d. frischen, lebenden Ureters ein Continuum, da gar keine Grenzen zwischen den Faserzellen zu erkennen sind. – Arch. f. Phys. (Pflüger's) Bd. II. 1869. – Ganglienzellen nur am unteren Ende d. Ureters.

Am Blasengrunde tritt als Fortsetzung der Uretermusculatur und zwar ihrer inneren Längsmuskellage, während ihre Ring- und äussere Längsmuskelschicht sich untereinander und mit schrägverlaufenden Muskelbündeln der Harnblasen-Musculatur durchflechten, eine stärkere, aus längslaufenden Fasern gebildete Muskelschicht auf, an die sich nach unten als *M. sphincter vesicae* s. Sphincter vesicae internus eine Ringmuskellage anschliesst. Die Fasern desselben sind zu mehr parallelen, durch wenig Bindegewebe getrennten Bündeln geordnet; nach oben bilden sie, dem Trigonum vesicae entsprechend, ein aus spitzwinklig sich kreuzenden, quergestellte länglich-polygonale Maschen umgrenzenden Bündeln geflochtenes Netz, mit zahlreichen feinen elastischen Fasern. Dicht unter der Submucosa überzieht das Trigonum vesicae eine dünne, mit der Längsmuskelfaserschicht der Harnröhre im Zusammenhang stehende longitudinale Muskellage. — Alle Muskelfasern der Harnblase sind glatt.

Das *Lig. vesicale medium* enthält den öfters mit der Blase communicirenden, mit rundlichen seitlichen Ausbuchtungen besetzten und von einer verkümmerten Fortsetzung des Harnblasen-Epithels ausgekleideten Urachus (S. 253). Die Wandung besteht aus kernreichem Bindegewebe, das sich an der Grenze gegen das aus kleinen über einander geschichteten Zellen bestehende Epithel zu einer structurlosen Membran verdichtet, auch wohl acinöse Drüsen enthält. Wenn der Kanal des Urachus mit der Harnblase communicirt, so sind die Epithelialzellen grösser und gleichen mehr dem Epithel der letzteren. Der Inhalt des Urachus ist flüssig, hell oder gelblich und enthält abgestossene Epithelien, sowie Fettkörnchen.

Die *Ligg. vesicalia lateralia* enthalten in ihrer Axe hauptsächlich elastische Fasern; im übrigen werden sie, wie das Lig. medium, von längslaufenden Bindegewebsbündeln gebildet.

Die Blutgefässe zeigen sich als ein dichtes, an der nicht ausgedehnten Blase enges Capillarnetz in der Schleimhaut, die stärkeren arteriellen und venösen Capillaren steigen mehr senkrecht gegen die Oberfläche auf, und zwar zwischen den Muskelbündeln der inneren Muskelschicht. Daher ändern sie ihre relative Lage bei Verstreichung der Schleimhautfalten nur wenig: der Blutlauf bleibt ungestört. — Die Lymphgefässe sind im Blasenkörper sparsamer als in den Ureteren; am reichlichsten in der Gegend des Trigonum vorhanden, treten sie nach dem Blasenscheitel hin mehr zurück. — Die Nerven verlaufen als Aeste der Nn. vesicales inferiores am untersten Theile des Ureters in dessen Adventitia, enthalten hier grössere rundliche und ellipsoidische microscopische Ganglien, sowie kleine Gruppen von Ganglienzellen eingelagert, senden feine Zweige aufwärts an den Ureter und setzen sich, eben solche Ganglien enthaltend, an der Wandung der Harnblase fort, in deren Muscularis eindringend. Letztere sind am zahlreichsten im Blasengrunde, führen viele feine doppeltcontourirte Fasern; ihre Endigung ist unbekannt. — Der entleerte *Harn* enthält nur äusserst sparsame morphologische Bestandtheile: abgestossene Epidermiszellen der äusseren Geschlechtstheile Epithelien, der Harnwege und einzelne Leukoblasten.

In manchen Blasen (Henle, 1863) kommen einzelne hügelförmige Papillen vor, die im Fundus dichter gedrängt stehen (Gerlach, 1853; W. Krause); ferner am Blasengrunde mitunter solitäre *Lymphfollikel* (seit 1860 W. Krause bekannt). — Die Ganglienzellen an den Harnblasennerven entdeckte Remak (1840). — Beim Kaninchen sind auch in der Submucosa der Harnblase Ganglienzellen vorhanden (Meissner, 1858). Engelmann (1869) bezeichnete die eben beschriebenen ganglösen Plexus am unteren Theil des Ureters als Grundplexus des letzteren. — Schon die embryonale Blase lässt eine mittlere Ring-, eine innere und äussere Längsmuskelschicht erkennen (Jurié, 1873). — Die Muskelfasern enthalten beim Hunde öfters zwei Kerne mit je einem oder zwei Kernkörperchen, die sich in Essigsäure oder Kalilauge lösen, und ausserdem etwas um den Kern angehäuftes Protoplasma. Durch 35 %ige Kalilauge werden sie manchmal platt (Schwalbe, 1868). — Beim Frosch sind die Muskelbündel durch weite Zwischenräume gesondert, bilden ein einziges Maschennetz; in den Interstitien verlaufen viele Stämmchen doppeltcontourirter Nervenfasern und zahlreiche bipolare Ganglienzellen mit öfters gelb pigmentirtem Protoplasma sind den Stämmchen eingelagert (Billroth, 1858), sitzen auch wohl einzeln als scheinbar unipolare Zellen denselben seitlich auf und sind in diesem Falle von Einigen schon für im Epithel gelagerte Endorgane (1868, 1870), sowie die Muskelbündel selbst für Nervenstämmchen (1863) angesehen worden.

Nebennieren.

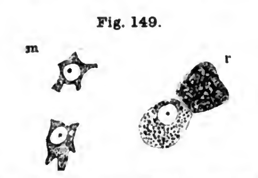
Die Nebennieren sind wesentlich venöse Blutgefässdrüsen; sie entstehen durch eine colossale Entwicklung von Adventitialzellen der Venen und die sie constituirenden Zellen stammen vom mittleren Keimblatt.

Ihre äussere Bindegewebshülle oder Kapsel (Fig. 150 *k*) ist an jeder *Gl. suprarenalis* nach aussen locker, nach innen fester, enthält feine elastische Fasern und sendet Fortsätze in's Innere des Organs.

An der **Rindensubstanz** sind drei Schichten zu unterscheiden: eine äussere, Zona glomerulosa; eine mittlere, Zona fasciculata; und eine innere, Zona reticularis.*

Die äussere Schicht wird von rundlichen und eiförmigen Zellenhaufen gebildet, die von einander durch die bindegewebigen Fortsetzungen der Hülle geschieden werden. In der ganzen Rinde sind die Zellen, welche jene Haufen zusammensetzen, vorhanden: sie werden *Rindenzellen*, Parenchymzellen, Parenchymkörper (Fig. 149 *r*), genannt. Es sind unregelmässig polyedrische Protoblasten, meist länger als breit und dick, auch wohl mit kurzen Ausläufern wie sternförmig und jede mit einem kugligen klaren Kern nebst glänzenden Kernkörperchen versehen. Die kleineren sind mehr kuglig und werden vom Kern grösstentheils ausgefüllt. Das Protoplasma ist grobkörnig; die Körnchen sind theils Eiweiss-ähnlicher Natur, durch Essigsäure sich aufhellend; theils stärker lichtbrechend, sich mit Osmiumsäure nicht schwärzend und in Aether nicht lösend, wodurch sie von ausserdem noch vorhandenen, mehr oder weniger zahlreichen Fetttröpfchen sich unterscheiden. Zwischen die Zellen erstrecken sich Fortsetzungen der bindegewebigen Balken, durch welche die Zellenhaufen (Fig. 150 *o*) gesondert werden. Während die Balken Kerne führen, handelt es sich bei jenen Fortsetzungen nicht um reticuläres, sondern um netzförmig angeordnetes fasriges Bindegewebe, dessen Maschen die Rindenzellen einnehmen, so dass jede in einem kleinen polyedrischen Hohlraum liegt.

Fig. 149.



Zellen der Nebenniere nach Einlegen in H. Müller'sche Flüssigkeit isolirt. V. 530. *m* aus der Marksubstanz. *r* aus der Rinde.

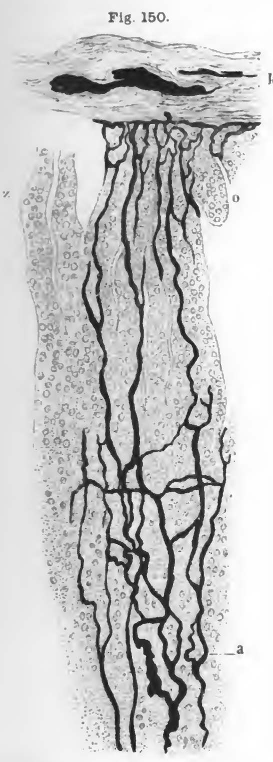
Die mittlere Schicht enthält dieselben Rindenzellen: sie sind aber zu radiär gestellten *Säulen*, Rindencylindern, Drüsenschläuchen, Zellensträngen (Fig. 150 *z*) angeordnet, die nicht alle durch die ganze Dicke dieser Schicht reichen. Nach dem Innern, wie nach der Peripherie hin endigen die Säulen eiförmig abgerundet; am ersteren Orte hängen sie auch anastomosirend zusammen; am letzteren sind sie mitunter rinnenförmig ausgekehlt, halben Hohlcylindern gleichend, oder auf dem zur Nebennieren-Oberfläche parallelen Querschnitt nierenförmig; Längsschnitte durch die Enden solcher Hohlcylinder können mit Arcaden-förmigen Anastomosen von zwei benachbarten Säulen verwechselt werden. Seltener kommt es vor (Fig. 151), dass die in der hohlen Axe ein Blutgefäss enthaltenden Hohlcylinder ringförmig (Fig. 151 c) geschlossen sind.

Die Zellensäulen werden durch ebenfalls radiär verlaufende, mit der Kapsel in Zusammenhang stehende Bindegewebsbalken unvollständig gesondert und vermöge querer Fortsetzungen des Bindegewebes in's Innere der Säulen kommen je eine oder auch wohl mehrere Zellen in kleine Korb-ähnliche Hohlräume zu liegen. Durch 24stündige Maceration in 25 %iger Chlorwasserstoffsäure sind die Zellensäulen der Rinde isolirbar; der Anschein einer sie umschliessenden Grenzmembran entsteht jedoch nur bei mittleren Vergrösserungen und verschwindet bei stärkeren oder durch Zusatz von Natronlauge. — Der innere Theil der mittleren Rindenschicht führt braune, stark lichtbrechende Pigmentkörnchen in seinen Zellen ausser sparsameren Fetttröpfchen und den übrigen oben beschriebenen Körnchen.

* Diese Abtheilung in drei Schichten war zuerst von J. Arnold eingeführt, der sonst genaue Angaben über die Anordnung des Bindegewebes und der Blutgefässe giebt. Virch. Arch. Bd. 35. p. 64, 1866

Die innere Schicht (Fig. 150 *a*) besteht aus Pigment-führenden Rindenzellen, die einzeln ohne irgend welche Anordnung zu Haufen oder Säulen in netzförmig angeordnetes fasriges Bindegewebe eingelagert sind.

Fig. 150.



Nebenniere des Kaninchens mit kaltflüssigem Berlinerblau injicirt; Alkohol. Schnitt durch die Rindensubstanz senkrecht auf die Oberfläche. Carmin, Essigsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 200/80. *k* Kapsel auf dem Durchschnitt. *o* elliptischer Zellenhaufen der äussersten Schicht der Rinde; von den Zellen sind hauptsächlich die Kerne sichtbar. *z* zwei isolirte nach der Kapsel hin abgeschnittene Zellensäulen der mittleren Rindenschicht. *a* arterielle Capillaren der inneren Rindenschicht.

Die **Marksubstanz** hat auch ein netzförmiges bindegewebiges Stroma, worin die *Markzellen* (Fig. 149 *m*) theils einzeln oder zu mehreren, theils zu rundlichen oder länglich-ovalen *Markzellenhaufen*, Markschläuchen, vereinigt, sitzen. Diese Zellen färben sich hellbräunlich durch Chromsäure oder chromsaures Kali, was die Rindenzellen nicht thun; sie sind vielgestaltig, manchmal abgeplattet, unregelmässiger als die Rindenzellen, rundlich- oder länglich-polyedrisch, mit längeren, in H. Müller'scher Flüssigkeit darstellbaren Ausläufern. Ihr Protoplasma ist hell und feinkörnig, fast fett- und pigmentfrei; die Kerne hell und die Kernkörperchen grösser und glänzender. An der Grenze gegen die innere Rindenschicht erstrecken sich microscopische Fortsetzungen derselben in die Marksubstanz.

Beim Pferde ist die Hohlcylinderform der Rindensäulen ausgesprochener und reichen dieselben (sowie auch beim Hund) bis zur Kapsel, so dass eine äussere Rindenschicht fehlt. Die Zellen der entsprechenden Gegend aber sind spindelförmig (v. Brunn, 1872) und ihre Ausläufer hängen mit den Bindegewebsbalken des Stroma zusammen. Die Grenze zwischen Rinde und Mark ist schärfer als beim Menschen; ebenso beim Meerschweinchen, Ratte u. s. w. Beim Kaninchen und den Nagern überhaupt, sowie den Raubthieren, ist der Fettreichthum der Rindenzellen constant und auffallend.

Die Markzellen ordnen sich bei den meisten Säugethieren zu netzförmigen Balken, ihre Bräunung mittelst Chromsäure (Henle, 1865) wird durch vorherige Alkohol-Behandlung verhindert (v. Brunn, 1872). — Bei Vögeln und Amphibien sind die Mark- und Rindensubstanz nur microscopisch unterscheidbar, indem anastomosirende Stränge beider Zellen-Arten sich durchflechten. Den Fischen scheinen Markzellen zu fehlen.

Blutgefässe. Die geschilderten Eigenthümlichkeiten der Nebennieren erklären sich aus dem Gefässverlauf. Die Rindensubstanz hat eine wesentlich arterielle, die Marksubstanz venöse Gefässverzweigung, letztere ist viel reichhaltiger. Was die *Arterien* betrifft, so dringen die Verästelungen der Aa. suprarenales aus der Aorta abdominalis, den Aa. phrenica inferior und renalis mit 15 bis 20 Zweigen in die Kapsel, und lösen sich, ohne unter einander direct zu

anastomosiren, theils in Capillargefässe der Kapsel und äusseren Rindenschicht auf, theils verlaufen sie langgestreckt in radiärer Richtung (Fig. 150), fortwährend seitliche Aeste abgebend in den Bindegewebsbalken der mittleren Schicht bis zur Marksubstanz. Die Rindensäulen werden von einem länglich-polygonale Maschen bildenden Capillarnetz durchsetzt, ihre Axe (Fig. 151 *c*), auch namentlich bei den halben Hohlcylindern von einem stärkeren Gefäss eingenommen, während die Capillaren der äusseren Rindenschicht mehr gewunden verlaufen und die der inneren Schicht, sowie der Marksubstanz rundliche polygonale Maschen bilden.

Fig. 151.



Nebenniere des Kaninchens mit kaltflüssigem Berlinerblau injicirt; Alkohol. Flächenschnitt durch die Rindensubstanz; Carmin, Essigsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 600/400. Die Blutgefässe *c* sind mit querdurchschnitten.

Die *Venen* sind hauptsächlich in der Marksubstanz angehäuft, bilden dichte Plexus, mit vorwiegend radiärem Verlauf der stärkeren Stämme, die sich in die V. suprarenalis einsenken. Ausserdem begleiten kleine paarige Venen die Aeste der Aa. suprarenales und münden in die zugehörigen Vv. phrenicae inferiores, renales, auch die V. cava inferior; sie reichen jedoch nicht bis zur Marksubstanz, sondern entstehen in der mittleren Rindenschicht. Die centrale, zugleich stärkste, in die V. cava inferior rechterseits, in die V. renalis sinistra linkerseits mündende Hauptvene hat eine längslaufende glatte Muskelschicht, die sich bis auf die feineren Venen des Markes, soweit sie dem blossen Auge noch sichtbar werden und namentlich von den Theilungsstellen aus verfolgen lässt; bei den letzteren Venen aber zum Theil nur halbrinnenförmig der Venen-Intima aufliegt; erstere Vene bezieht ihr Blut auch aus der gefässreichen inneren Rindenschicht.

Die scheinbar structurlosen Wandungen der Capillargefässe grenzen direct an die Rinden- und Markzellen und können für begrenzende Membranen von Drüsenschläuchen der Nebenniere angesehen worden sein. — Die Handbücher der Gewebelehre führen eines nach dem anderen Aeste der A. coeliaca zu den Nebennieren auf; diejenigen der descriptiven Anatomie kennen solche nur als sehr seltene Varietät. — Theilweise werden die Venen von Längsbündeln glatter Muskelfasern begleitet, die bei den kleineren Gefässen cylindrisch, bei den stärkeren halbrinnenförmig die Intima umgeben (v. Brunn, 1873). Aehnlich verhält sich das Kaninchen, während anderen Säugethieren diese glatten Muskeln zu fehlen scheinen.

L y m p h g e f ä s s e sind nur in der Kapsel bekannt. — N e r v e n sind sehr zahlreich; sie stammen von den Nn. vagus, phrenicus, splanchnici major et minor, vermittelst der Plexus coeliacus und phrenicus; von letzteren Plexus selbst, sowie vom Plexus renalis; enthalten meist feine doppeltcontourirte Fasern; sie treten als 20—30 die Arterien begleitende Stämmchen durch die Kapsel, führen daselbst und schon vorher einzelne Ganglienzellen, sowie kleine Haufen von solchen und dringen, ohne an die Zellen-Säulen der Rinde Aeste abzugeben, bis in die Marksubstanz. Auch hier sind noch Ganglienzellen in sparsamen Haufen vorhanden; die Nerven-Endigung ist unbekannt.

Die Ganglienzellen wurden von Ecker (1846) beim Pferd, von Virchow (1857) beim Menschen, von Moers (1864) beim Rind nachgewiesen, von Holm (1866) beim Schwein, Rind, Kameel, Kaninchen, als bipolar oder multipolar erkannt; bei letzterem Thier auch von W. Krause (1868) und von Pförtner (1869) beim Schaf gesehen. — Es wäre nicht unmöglich, dass die Nerven gar nicht der Nebenniere selbst angehörten, sondern nur einen in dieselbe eingelagerten, mithin endlosen sympathischen Plexus darstellten (Eberth, 1870).

Geschlechtsorgane.

Entwicklungsgeschichte. Der Mensch ist ursprünglich Hermaphrodit. Jeder Embryo enthält die vollständige Anlage der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane. Die Ausbildung der bleibenden Form geschieht dadurch, dass bei dem einen Geschlecht bestimmte Abtheilungen des ursprünglichen Geschlechts-Apparates an Grösse überwiegend zunehmen, während andere in rudimentärem Zustande verharren oder sich sogar zurückbilden. Und bei dem anderen Geschlecht verhält sich die relative Entwicklung der betreffenden Abtheilungen umgekehrt. Da die Anlage des Harn- und Geschlechts-Apparates ursprünglich und später eine gemeinschaftliche ist, so kann mit Recht von einem Urogenitalsystem des Embryo gesprochen werden. Begreiflicherweise sind jene rudimentär gebliebenen Organe nicht ohne ihre Entwicklungsgeschichte verständlich und meist nur microscopisch ihrem Wesen nach zu ermitteln.

Auswachsend vom untersten Theile des Darmkanals, dem embryonalen Hinterdarm, entwickelt sich eine gestielte Blase, die *Allantois*, auf der sich die Aa. vesicales superiores (resp. ihre Aeste: Aa. umbilicales) verzweigen. Der Theil des Darmkanals unterhalb der Einmündung der Allantois wird Cloake genannt, und persistirt bei niederen Wirbelthieren von den Vögeln an; derselbe sondert sich alsdann in Rectum und *Sinus urogenitalis*. Die Blutgefässe der Allantois werden zur Placenta des Neugeborenen; der obere Theil, *Urachus*, ihres Stiels erstreckt sich durch den Nabelstrang, von welchem ein Rest im Lig. vesicale medium erhalten bleibt. Die Aa. vesicales (umbilicales) obliteriren zu den Ligg. vesicalia lateralia. Der mittlere Theil des Allantois-Stiels erweitert sich und wird zur Harnblase, der untere zum Sinus urogenitalis, der beim Weibe das mittelst des Hymen gegen die eigentliche Scheide abgegrenzte Vestibulum vaginae, beim Manne die Urethra vom Colliculus seminalis nach abwärts darstellt. Die *Ureteren* entwickeln sich als hohle Auswüchse der Wolff'schen Gänge; später verschieben sich ihre Einmündungsstellen und sie treten mit dem Stiel der Allantois, der späteren Harnblase, in Zusammenhang; die *Nieren* bilden sich als Auswüchse der Ureteren-Endigung.

In den oberen Anfang des Sinus urogenitalis münden die Ausführungsgänge der *Wolff'schen Körper* oder Urnieren, embryonale Nieren. Sie bilden sich aus einer Zellenmasse, die (Schenk, 1874) an der Grenze zwischen peripherischem Theile der Urwirbel und der Hautmuskelplatte gelegen, und von einer Einstülpung des Pleuro-Peritoneal-Epithels (Waldeyer mit Romiti, 1873) abzuleiten ist. Das Epithel der Pleuro-Peritonealhöhle, welche letztere von Haeckel: Coelom genannt wird, stammt vom mittleren, nach Einigen der Wolff'sche Gang vom äusseren Keimblatt. Die Anlage der Wolff'schen Körper aber erfolgt (nach Semper, 1874) bei Haien (und Rochen, A. Schultz, 1874) in Form von *Segmentalorganen*, von denen jedes einem Wirbel entspricht (und wie sie ausserdem z. B. den Anneliden zukommen). Es ist nicht zu bezweifeln, wie gleich hier bemerkt werden mag, dass Nebenhoden und der Hoden selbst auch bei den höheren Wirbelthieren Segmentalorgane sind. Die Ausführungsgänge der Wolff'schen Körper heissen *Wolff'sche Gänge*, und werden zu den Vasa deferentia. Beim Weibe verschwinden sie; doch bleiben ihre unteren Abschnitte als in der Uteruswand bei Wiederkäuern verlaufende *Gartner'sche Kanäle* erhalten. Die Wolff'schen Körper selbst sondern sich in einen Nieren- und einen Sexualtheil (Waldeyer, 1870). Der *Nierentheil* bildet sich zurück und persistirt als Paradidymis beim Manne; als homologe Kanäle (Paroophoron), die medianwärts vom Parovarium im Lig. uteri latum liegen und zu pathologischen Cysten werden können, beim Weibe. Der *Sexualtheil* des Wolff'schen Körpers wird zum Nebenhoden (Epididymis) des Mannes und auswachsend von seinen Kanälchen bilden sich die Samenkanälchen des Hodens; beim Weibe zum Parovarium.

Die weibliche Geschlechtsdrüse oder *Eierstock* bildet sich bei beiden Geschlechtern durch Wucherung und Einstülpung einer den ursprünglichen Zellenmassen des Wolff'schen Körpers aufgelagerten, nicht vom späteren gewöhnlichen Endothel des Peritoneum, sondern von einem cubischen oder cylindrischen *Keim-Epithel* überzogenen Stelle des Bauchfells, welche der Oberfläche der späteren Geschlechtsdrüse (Hoden oder Eierstock) entspricht. Die ganze Hervorragung wird *Keimwall* oder Keimhügel genannt. Solches Epithel kleidet ursprünglich die ganze Peritonealhöhle aus; es grenzt beim Erwachsenen unmittelbar an die Endothelien der letzteren, welche entweder durch Umbildung aus ersterem hervorgehen, oder als zu einer continuirlichen Lage umgewandelte Bindegewebszellen, Inoblasten der oberflächlichsten Schicht des Peritoneum aufgefasst werden können (Waldeyer, 1870).

Das Keim-Epithel erhält sich theilweise beim weiblichen Frosch als flimmerndes Cylinder-Epithel, dessen Streifen und Inseln von der Tubenöffnung ausgehen, und welches während der jährlichen Geschlechtsperiode die Fortleitung der Eier zu der letzteren Oeffnung besorgt. In der ganzen Bauchhöhle (Cyclostomen) oder einem Theil derselben bleibt das Flimmer-Epithel bei ausgewachsenen Fischen, ausgenommen die Knochenfische, permanent. Das eingestülpte Keim-Epithel wuchert zu netzförmigen Zellensträngen resp. Schläuchen; durch Abschnürung von solchen entstehen beim Weibe die Eierstock-Follikel: das Eichen hat die Bedeutung einer Zelle jenes Keim-Epithels. Beim Manne verharrt das Ovarium masculinum auf der Stufe der Schlauchbildung.

Hoden und Eierstock sind also einander durchaus nicht homolog, obgleich sie ursprünglich an derselben Stelle innerhalb der Bauchhöhle entstehen: ersterer bildet sich vom Wolff'schen Körper her aus und stammt mithin auf einem Umwege vermittelst wahrscheinlich segmental angelegter Röhren des Nebenhodens vom Peritoneal-Epithel: der Eierstock bildet sich direct aus einer Einstülpung des letzteren oder Keim-Epithels. Jedoch glaubt Goette (1875), ohne Rücksicht auf das Ovarium masculinum, dass alle Embryonen (bei Bombinator igneus) ursprünglich weiblich, und dass die Kanälchen des Hodens der Verschmelzung von in der Entwicklung verkümmerten Ovarialfollikeln ihre Entstehung verdanken.

Der Ausführungsgang der weiblichen Geschlechtsdrüse heisst *Müller'scher Gang*. Beim Manne bleibt sein oberes Ende öfters als gestielte Cyste am Nebenhoden erhalten; sein unteres Ende wird zum Uterus masculinus: Vesicula prostatica s. Sinus prostaticus. Beim Weibe wird daraus die Tuba und aus einer Verschmelzung des unteren Theiles der Müller'schen Gänge der Uterus und die Scheide, bis zum Vestibulum. Die Vesicula prostatica entspricht mithin dem Uterus und oberen weiblichen Scheidentheil.

Die *Clitoris* ist dem Penis homolog, aber nicht perforirt; das *Corpus cavernosum urethrae* ist beim Manne ein geschlossener Hohlcylinder, beim Weibe umgibt dasselbe halbrinnenförmig von oben her die Harnröhre. Die *Labia minora* sind Hautfalten, welche beim Manne die lateralen Wände der Pars cavernosa urethrae umschliessend sich vereinigen. Die *Labia majora* entsprechen den durch die Raphe verwachsenen Scrotalhälften, in welche die Hoden erst gegen Ende der Schwangerschaft hinabsteigen. Letztere liegen in einem ursprünglich mit dem Bauchfellraume communicirenden *Processus vaginalis peritonei*; der *Descensus testiculorum* geschieht durch den Leistenkanal; die Tunica propria testis ist ein abgeschnürter Theil des Peritoneum und der Hoden selbst von einem solchen, nämlich der Tunica serosa testis überzogen. Sie nehmen bei ihrer Wanderung das Vas deferens mit hinab; sie liegen ursprünglich wie die Ovarien in der Bauchhöhle, von wo die letzteren in das Becken hinabsteigen. Vermittelt wird der Descensus testiculorum, der mit Rücksicht auf die gewöhnliche Kopfstellung des Fötus im Uterus schon als Ascensus bezeichnet worden ist, durch das Leistenband, *Gubernaculum testis* s. Hunteri, einen aus quergestreiften und glatten Muskelfasern zusammengesetzten Strang, der den Verlauf des weiblichen Lig. uteri rotundum einhält. Die Tunica vaginalis communis testis ist eine Fortsetzung der Fascia transversalis abdominis; vom Processus vaginalis bleibt ein Rudimentum canalis vaginalis übrig.

Die *Cowper'schen Drüsen* sind in beiden Geschlechtern Ausstülpungen des Sinus urogenitalis; die *Prostata* wird in sehr verkümmertem Zustande durch die Gl. urethrales des Weibes repräsentirt; die *Vesiculae seminales* haben kein Homologon beim Weibe: sie und die Prostata stellen drüsige Auswüchse der Vasa deferentia resp. des Anfangstheils der männlichen Urethra dar.

Männliche Geschlechtsorgane.

Hoden.

Den äusseren Ueberzug des Hodens bilden die wie das Bauchfell (S. letzteres) gebaute Tunica serosa und die mit derselben fest verwachsene Tunica albuginea s. fibrosa. Aus festen parallelen Bindegewebsbündeln gewebt, die schichtenweise sich rechtwinklig kreuzen und theils longitudinal, theils quer verlaufen, führt sie nur sparsame elastische Fasern; ebenso wie die von ihr und dem Corpus Highmori ausgehenden, aus lockerem und an Kernen reicherem Bindegewebe gebildeten Septula testis. Letztere hängen mit dem interstitiellen Bindegewebe zwischen den Samenkanälchen zusammen.

Das Corpus Highmori enthält auch verzweigte Stränge *glatter Muskelfasern*, die nach Behandlung des Hodens mit H. Müller'scher Flüssigkeit, Alkohol und Hämatoxylinfärbung am besten nachzuweisen sind. Von Rouget (1857) wurden sie entdeckt, während Henle (1865) u. A. an eine Verwechslung mit Inoblastenkernen glaubten. Man findet sie auch bei Thieren (S. 264).

Die **Samenkanälchen**, gewundene Samenkanälchen, Hodenkanälchen, Canaliculi seminales, sind cylindrische Röhren, die aus einer Membran und derselben inwendig aufgelagerten Zellenmassen bestehen. Die Kanälchen theilen sich wiederholt dichotomisch, anastomosiren zuweilen unter einander und hören mit blinden, abgerundeten Enden auf, deren microscopischer Bau nicht von dem des übrigen Kanälchens abweicht; auch bleiben die Querdurchmesser im ganzen Verlauf der sehr langen Samenkanälchen dieselben. Auf feinen Durchschnitten injicirter Präparate (Fig. 158, S. 263) erscheinen sie als helle, theils längs-, theils quergetroffene Röhren-Abschnitte.

Viele Autoren (Lauth, 1830, bis Mihalkovics, 1874) bestreiten, dass die Samenkanälchen blind endigen, und lassen dieselben schlingenförmig in einander umbiegen. Der letztgenannte Autor beschreibt dagegen kleine knopfförmige, blinde Anhänge im Verlauf der menschlichen Samenkanälchen. An letzteren sahen C. Krause (1837) und Kölliker (1852) u. A. geschlossene Anfänge, die nicht unwahrscheinlich sind, wenn der Hoden durch Auswachsen von den Nebenhodenkanälchen (Wolff'scher Körper, S. 253) entsteht. Die gegenwärtigen Untersuchungsmethoden gestatten nicht, die Frage mit Sicherheit zu entscheiden.

Die *Membran* zeigt im Längsschnitt und Querschnitt (Fig. 153, *A m*) dasselbe Bild: eine scharfe Contour, die durch Oxalsäure als isolirte glashelle Basalmembran, Basalhaut, darzustellen ist, begrenzt nach innen eine 0,01 dicke streifige Hülle, welche nach aussen mit dem umgebenden interstitiellen Bindegewebe zusammenhängt. Nach Essigsäure-Zusatz ergibt die Hülle zahlreiche länglich-ovale, Kernkörperchen-haltige, granulirte Kerne. Auf der Flächenansicht zeigen sich nach Maceration in H. Müller'scher Flüssigkeit zarte, netzförmig gekreuzte Linien, die runde blasse Kerne umgeben. Aus der Combination beider Ansichten folgt, dass eine Zusammensetzung aus dünnen polygonalen, kernhaltigen, platten Zellen vorliegt, deren Ränder dachziegelähnlich über einander greifen, und deren Körper zu drei bis vier auf einander geschichtet sind. Nach Behandlung des frischen Präparats mit verdünnten Alkalien oder nach Maceration in concentrirter Oxalsäure, wie schon erwähnt, lässt sich eine anscheinend structurlose Grenzmembran nachweisen, die unter gewöhnlichen Umständen als der beschriebene einfache scharfe Innensaum erscheint. Auf der Aussenfläche sieht man nach Silberbehandlung ein polygonales Endothel.

Bei kleinen Säugethieren ist die Hülle viel dünner, scheinbar structurlos, besitzt jedoch auf ihrer Aussenfläche ebenfalls polygonales Endothel (v. Ebner, 1870). Die Anwendung von Oxalsäure zu ihrer Darstellung rührt von Merkel (1871) her.

Das Innere der Samenkanälchen wird beinahe oder ganz vollständig von einem Badeschwamm-ähnlich angeordneten, aus Zellen und Zellen-Ausläufern zusammengesetzten Balkengerüst oder *Balkennetz* (Fig. 152) eingenommen. Entweder bleibt gar kein besonderes Lumen oder ein solches übrig, welches etwa nur den vierten Theil des ganzen Kanalquerschnitts beträgt. Die rundlichen Hohlräume des Balkennetzes enthalten die Hodenzellen und Samenflüssigkeit.

Das Balkennetz wird von *Spermatoblasten,* Stützzellen (Fig. 153) gebildet. Dies sind eigenthümlich metamorphosirte Flimmerzellen, denjenigen des Nebenhodens (S. 265) homolog und die Bildner der Form-Elemente des Samens, woher ihr Name. Wird die Flächenansicht des frisch untersuchten Samenkanälchens von aussen her betrachtet, so erscheint ein Mosaik polygonaler Zellen, das früher zur Annahme eines die Kanälchen inwendig auskleidenden Platten-Epithels Veranlassung gegeben hat. In Wahrheit sind dies polygonale Fussplatten der Spermatoblasten.

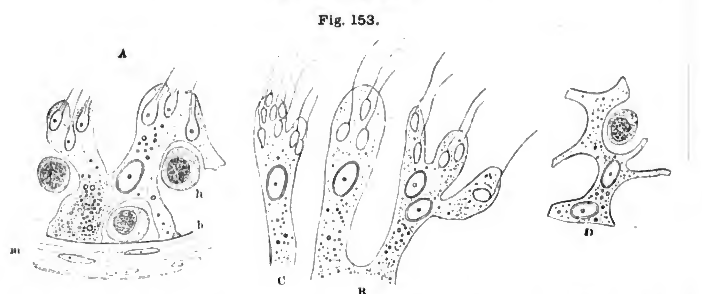
In der von innen her betrachteten Flächenansicht der Wandschicht macht die letztere an mit Chromsäure behandelten Präparaten dagegen den Eindruck, als ob sie aus sternförmigen anastomosirenden Zellen zusammengesetzt wäre. Dies bewirkt der Umstand, dass die Protoplasmafüsse oder

*Lauth. Mémoire sur le testicule humain, Mém. de la Soc. d'histoire naturelle de Strasbourg. I. 1830.

Fig. 152.

Drei Samenkanälchen; der Hoden frisch in H. Müller'sche Flüssigkeit gelegt, gefroren; auf dem Querschnitt. V. 600/200. *a* Das Balkennetz der Spermatoblasten für sich allein angegeben. *b* Ein Lumen im Centrum des Kanälchens, begrenzt von den Spermatoblasten, auch hier sind nur die letzteren angegeben. *c* Spermatoblasten und Hodenzellen sind gezeichnet; letztere erscheinen am Rande wie ein im Profil gesehenes Epithel; zum Theil sind sie zu radiären Säulen aufgeschichtet; ausserdem sieht man reife Samenfäden. *d* Leeres Blutgefäss, durch eine dreieckige Masse von Zwischenzellen des Hodens hindurchziehend, welche an der Zusammentrittsstelle der drei Kanälchen gelegen ist.

Fig. 153.



Spermatoblasten aus verschiedenen durchschnittenen Samenkanälchen; Hoden eines 30jährigen Mannes frisch in 1% Osmiumsäure gelegt. V. 800/650. *A* Mit Samenfäden am freien Rande der Spermatoblasten, die in der Entwicklung begriffen sind; sie gleichen ovalen Kernen mit Kernkörperchen, die Schwänze sind noch kurz. *h* Hodenzelle, deren drei in den Hohlräumen des sog. Keimnetzes liegen. *m* Membran des Samenkanälchens auf dem senkrechten Querschnitt mit Kernen. *B* Die Samenfäden in weiterer Entwicklung, ihre Köpfe sind immer noch grösser als bei reifen Samenfäden, die Schwänze nach der Längsaxe des Kanälchens leicht gebogen. Die Spermatoblasten enthalten grosse ovale Kerne und viele dunkle Fettkörnchen; die Membran, auf der ihre Fussplatten eingezahnt standen, ist nicht gezeichnet. *C* Spermatoblast mit reifen Samenfäden, die zu einem Bündel vereinigt sind; die Schwänze sind nach der Axe des Samenkanälchens gebogen. *D* Alles ebenso, aus dem Hoden eines älteren Mannes; der abgebildete Theil des Balkennetzes hat einen mehr starren Charakter; die Maschen sind weiter und ihre Begrenzungen mehr rundlich, darin eine Hodenzelle.

Fussplatten der Spermatoblasten nicht ganz flach, sondern mehr kegelförmig sich darstellen, resp. einer sehr niedrigen Pyramide gleichen. Die protoplasmatischen Kanten der letzteren sind es, welche, mit denjenigen der benachbarten Protoplasmafüsse zusammenstossend, jenen Eindruck eines aus sternförmigen Zellen bestehenden Wandnetzes (Keimnetzes, S. 261) hervorrufen.

Die Spermatoblasten sind blattartig abgeplattet, mit ihren Flächen im Ganzen parallel der Längsrichtung der Samenkanälchen gestellt. Dieselben kommen auch in Kanälchen vor, deren Querschnitt ganz wie mit Schwammgewebe erfüllt ist, indem sich wenigstens von einzelnen Balken doch nachweisen lässt, dass sie frei und abgerundet endigen. Die Spermatoblasten enthalten grosse, ovale, abgeplattete Kerne, von 0,012 Länge, 0,007 Breite, mit deutlicher Kernmembran, grossem Nucleolus und hellem Inhalt, die zum Theil nahe an die Fussplatten heranreichen. Die Basis der letzteren ist eingezahnt (S. 24). Das Protoplasma der Spermatoblasten ist im Allgemeinen farblos, leicht körnig und ziemlich durchsichtig, weich und leicht zerbrechlich. Zarter und weniger körnig bei Kindern und vor der Pubertät, werden sie mit zunehmendem Alter, namentlich an ihrer Basis, dunkel durch zahlreiche eingelagerte, kuglige, in absolutem Alkohol lösliche, in Osmiumsäure sich schwärzende, gelblich bis bräunlich gefärbte Fettkörnchen. Dieselben sind anfangs nur in den Protoplasmafüssen vorhanden. Mit zunehmendem Alter häufen sich die Fettkörnchen immer massenhafter und reichen innerhalb der Spermatoblasten weiter in das Centrum des Samenkanälchens hinein.

Was nun die Bedeutung der Spermatoblasten anlangt, so sind sie als Flimmerzellen zu betrachten, deren Zellenkörper zahlreiche seitliche gelappte Auswüchse gebildet haben, die zum Theil verästelt sind und mit denjenigen benachbarter Spermatoblasten so dicht zusammenstossen (Fig. 152), dass sie zu anastomosiren scheinen, oder dies auch wirklich thun. Auf solche Art entsteht das (S. 255) erwähnte Balkennetz. Dasselbe hängt selbstverständlich mit den Protoplasmafüssen zusammen.

Die Formen des aus Spermatoblasten gebildeten Balkennetzes aber stellen sich (je nach dem Stadium, in welchem sich die Samen-Bereitung befindet) sehr verschieden dar. Man kann drei Stadien unterscheiden.

Gewöhnlich erstrecken sich von dem erwähnten Balkennetz ausgehende weiche, scheinbar netzförmig verbundene, sehr ungleich breite Balken in das Innere der Kanälchen und durchziehen dasselbe entweder (*3. Stadium*) ganz, indem sie in der Längs- und Querrichtung der Samenkanälchen unter einander zusammenstossen.

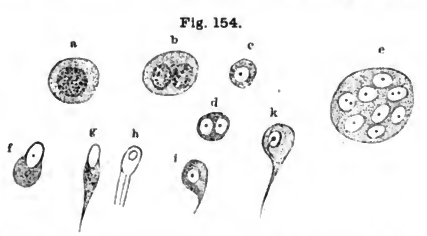
Oder (*2. Stadium*) sie lassen das (S. 255) erwähnte Lumen frei und in das letztere ragen dann in radiärer Richtung breite, handförmig gelappte, auch im Innern des Samenkanälchens durch Ausläufer scheinbar unter einander verbundene, kolbige Endigungen der Spermatoblasten. In diesem Falle enthalten (Fig. 153 *A*) sie zugleich scharfgerandete, helle, Kernkörperchenhaltige, 0,007 lange, 0,0045 breite Kerne, die alternirend neben einander in den Fortsätzen sitzen, mit der Längsaxe radiär zum Durchmesser des Kanälchens gestellt. Oder sie sind noch länger, tiefer eingeschnitten und enthalten (Fig. 153 *B*) grosse, 0,0062 lange, 0,003 breite Samenfädenköpfchen, kernähnliche, gegen Essigsäure sowie Natron resistente Gebilde, die bereits deutlich als Köpfe von Samenfäden (s. unten) zu erkennen sind. Dieselben sind blasser als die Köpfe von freischwimmenden Samenfäden (S. letztere S. 259). Von denselben erstrecken sich zarte Fäden (Schwänze) bis zum freien Ende

des zugehörigen Fortsatzes und darüber hinaus bis in das Lumen des Kanales. Oder (Fig. 153 *C*): die Samenfäden sind nach Form und Grösse ganz ausgebildet wie freischwimmende, ihre Köpfe haben 0,004—0,0045 Länge auf 0,0025—0,0027 Breite, stecken aber noch in den Spermatoblasten-Fortsätzen darin. Zwischen letzteren trifft man hier und da freie Samenfäden an, die stets, sowie die noch eingeschlossenen, mit ihrem Kopfende senkrecht der Kanalwand zugekehrt sind. Diese verschiedenen Befunde entsprechen ähnlichen Entwicklungsperioden der Samenfäden.

Oder (*1. Stadium*) die freien, nach innen convex hervorragenden, mehr kugligen Enden der Spermatoblasten sind zugleich sehr kurz und niedrig.

Zwischen den Spermatoblasten, in den Hohlräumen ihres Netzes, die von den Arcaden-ähnlichen Anastomosen seiner Balken begrenzt werden, sowie in den Lücken zwischen den der Wandung ansitzenden Fussplatten der Spermatoblasten liegen die *Hodenzellen*, Samenzellen, indifferente Samenzellen (Fig. 152 *c*. Fig. 153 *A*, *h*). Dieselben sind theils kuglig, von einem fast ebenso grossen (0,012—0,015), in Säuren grob granulirtem Kern (Fig. 154. *a*) ausgefüllt. Theils sind sie etwas grösser, *grössere Hodenzellen*; auch kommen Zellen mit zwei grob granulirten, aus Theilung hervorgegangenen Kernen (Fig. 154, *b*) vor. Diese beiden Zellenformen liegen der Wandung näher; weiter nach innen, hier und da zusammen mit den genannten radiär gestellte Säulen bildend (Fig. 152, *c*), folgen kleinere, blasse, kuglige Zellen, *kleinere Hodenzellen*, mit hellem Kern (Fig. 154 *c*) und Kernkörperchen. Der Kern ist meist kleiner als ein grob granulirter oder nur halb so gross; in selteneren Fällen gekerbt, nierenförmig, mit zwei Kernkörperchen versehen, in Theilung begriffen. Nach der Axe des Kanälchens hin findet man auch 0,025—0,038, sogar bis 0,07 messende, kuglige, scheinbare Cysten oder Mutterzellen, 8—20 eiförmige blasse Kerne mit Kernkörperchen enthaltend (Fig. 154, *e*).

Fig. 154.



Formelemente aus dem Inhalt der Samenkanälchen eines 34jährigen Mannes, frisch mit Glaskörperflüssigkeit. V. 600. *a* Grössere Hodenzelle mit grobgranulirtem Kern. *b* Ebensolche mit zwei Kernen. *c* Kleinere Hodenzelle mit hellem Kern. *d* Ebensolche mit zwei Kernen. *e* Sog. vielkernige Cyste. *f* Kopf eines unreifen Samenfadens aus einer anscheinenden Zelle hervorragend, in der letzteren ein Nebenkern. *g* Aehnliche Zelle in einen Faden auswachsend. *h* Kopf eines unreifen Samenfadens mit einem hellen runden Fleck (verdünnte Stelle) am freien Rande und mit dünnem membranösen Anhang. *i* Zelle mit hellem Kern, wie *g* angeblich in einen Faden auswachsend. *k* Ebensolche; der Faden steht durch eine Fortsetzung im Innern der Zelle, die dem Nebenkern von *f* entspricht, mit dem Kern und scheinbar mit dem Kernkörperchen der Zelle in Verbindung. *e*—*k* sind mechanisch abgetrennte freie Enden von Spermatoblasten und galten früher für mit den Formen *a*—*d* zusammenhängende Entwicklungsstadien der Samenfäden aus Hodenzellen.

Diese freischwimmend zu erhaltenden Formelemente haben ganz verschiedene Bedeutung. Die Zellen (in Fig. 154 mit *a* bezeichnet) mit grob granulirtem Kern sind wahrscheinlich abgelöste Ersatzzellen und den (S. 25, Fig. 9 *d*) Protoblasten anderer Epithelien homolog. Dagegen stellen die kleineren Hodenzellen (Fig. 154 *c*) nach v. Ebner (1871) ausgewanderte weisse Blutkörperchen dar. Die scheinbare Mutterzelle (*e*) ist ein abgerissener Spermatoblastenlappen mit unreifen Samenfädenköpfen (S. 259). — Von Henle (1865) wurden die beiden Arten von Hodenzellen unterschieden und gemessen.

Im Lumen des Kanälchens sind einzelne Samenfäden, ferner Büschel von solchen enthalten. Meist liegen 6—8 Köpfe neben einander; die Kopfenden sind gegen die Wand, die Schwänze schräg nach innen und ohne

Zweifel Kanal-abwärts gerichtet, auch leicht spiralig gedreht. Ausserdem kommen die fein granulirten Hodenzellen mit blassen Kernen vor, die amöboide Bewegungen darbieten. Ferner Formen von der Grösse der letzteren Zellen, die wie eine kuglige Zelle aussehen, mit einem langen, dünnen, protoplasmatischen Fortsatz. Dieser entspringt dem etwas excentrisch gelegenen Kern gegenüber, steht mit demselben durch einen feinen dunkleren Faden in Verbindung. Endlich finden sich blasse längliche Zellen, welche einen grossen kernähnlichen Samenfadenkopf an einer Stelle ihrer Peripherie hervorragend tragen.

Die angegebenen Thatsachen, die beschriebenen wechselnden Bilder, welche verschiedene Kanälchen und benachbarte Strecken desselben Kanälchens zeigen, stehen offenbar mit der Entwicklung der Samenfäden, mit der Samenbereitung, im Zusammenhange. Trotz vielfacher Untersuchungen ist dieselbe noch nicht ganz sicher aufgeklärt. Wahrscheinlich entstehen die Köpfe der Samenfäden in den Spermatoblasten durch vielfache Kerntheilungen, die aber bis jetzt nicht direct beobachtet sind. Jedenfalls sind bei Wirbellosen analoge successive Kerntheilungen in den ursprünglich vorhandenen Zellen auf dem Wege der Knospung (S. 19) ein häufiges Vorkommniss. Die (1. Stadium, S. 258) kurzen Fortsätze der Spermatoblasten wachsen nach innen, trennen sich durch Spaltung (2. Stadium, S. 257); wachsen noch mehr, treiben Fortsätze, die mit Samenfädenköpfen sich füllen; das Lumen der Kanälchen verschwindet (3. Stadium). Dabei nehmen die anfangs ovalen Kernen gleichenden Köpfe der Samenfäden ihre bleibende Gestalt an, wobei die anfänglich vorhandenen Kernkörperchen verschwinden: erstere sind anfangs grösser als später. Sie werden frei durch Abschnürung von den Spermatoblasten; geschieht ein Abreissen künstlich durch Präparation, so erhält man die beschriebenen, den kleineren Hodenzellen gleichenden Zellen, aber mit langem Fortsatz versehen; oder, wenn dieser fehlt, wie kuglige Zellen mit hervorragendem Samenfadenkopf aussehend. Durch Abstossung der gebildeten Lappen der Spermatoblasten stellt sich das Lumen wieder her und ist dann mit freien, fast oder ganz reifen Fäden gefüllt. Nach erfolgter Abstossung erscheinen die Spermatoblasten verkürzt, wieder im ersten Stadium befindlich, womit der Entwicklungscyclus von Neuem beginnt. Die gesammte Spermatoblastenmasse befindet sich mithin in fortwährender Umwandlung resp. langsamer Neubildung und die Stadien sind den vom Cornea-Epithel (S. 24) bekannten offenbar homolog.

Vor der Pubertät werden nur Hodenzellen gefunden; im mittleren Alter ist die Samen-Production dauernd, die verschiedenen Stadien sind gleichzeitig im Verlaufe desselben Kanälchens repräsentirt; im höheren Alter kann die Production aufhören: dann sind die Balken des Spermatoblasten-Netzes und ihre Anastomosen dünn (Fig. 153 *D*), glänzend, fast homogen.

Die **Samenfäden,** Spermatozoen, Spermatozoiden, Samenkörperchen, wurden früher ihrer selbstständigen Bewegungen halber für Thiere gehalten. Sie sind 0,052—0,062 lang, im Ganzen stecknadelähnlich (Fig. 155); sie bestehen aus Kopf, Mittelstück und Schwanz. Der *Kopf* oder Körper ist homogen, stark lichtbrechend, 0,0045 lang, 0,002—0,003 breit, 0,001—0,002 dick, länglich-oval, abgeplattet, an seinem vorderen Ende, welches bei den Eigen-Bewegungen des ganzen Samenfadens stets vorangeht, zugeschärft. Der Kopf sieht auf der Flächenansicht oval aus, mit schmalerem und quer abgestutztem hinteren Pol; die hintere Hälfte ist undurchsichtig, stärker glänzend als die vordere. Die Profilansicht, in welcher der Kopf birnförmig erscheint, zeigt, dass die glänzendere Beschaffenheit des hinteren nur in der geringeren Dicke des vorderen Abschnittes ihren Grund hat. Der Kopf hat namentlich an eingetrockneten Fäden zwei, selten drei dunkle Querbänder, die mit hellen abwechseln, und, wie Profilansichten zeigen, Verbiegungen des mittleren Theiles des Kopfes ihre Entstehung verdanken. Die hintere Hälfte des Kopfes ist an einer Flanke nicht selten stärker convex, als an der entgegengesetzten. — Das *Mittelstück* (Fig. 156,

Fig. 155 *B m*) ist stäbchenförmig, sehr wenig abgeplattet, 0,006 lang, 0,0007—0,001 dick; es setzt sich, ein wenig verdünnt, wie man nur bei sehr starken Vergrösserungen sieht, an das hintere Ende des Kopfes, und das letztere ist quer abgestutzt, nicht allmälig in das Mittelstück übergehend, sondern letzteres ist in eine trichterförmige Vertiefung an der hinteren Fläche des Kopfes eingelenkt. Liegt der Kopf etwas schräg, so erscheint das vordere Ende des Mittelstücks im optischen Querschnitt als glänzender Punkt in das hintere Ende des Kopfes projicirt. — Der *Schwanz* ist viel länger, 0,041—0,052, und feiner als das Mittelstück, unmessbar fein auslaufend; derselbe schwingt in indifferenten Zusatzflüssigkeiten beständig hin und her; wie an den Flimmercilien verlaufen durch ihn Wellen: stets in der Richtung von vorn nach hinten. Bei jeder Seitwärtsbiegung des Schwanzes wird der Kopf von der geraden Richtung seiner Fortbewegung nach der entgegengesetzten Seite etwas abgelenkt: so entsteht ein Hin- und Her-Pendeln, genauer eine spiralig bohrende Bewegung des Kopfes und Mittelstücks, welches ersteren vorzüglich befähigt, feine Oeffnungen gleichsam aufzusuchen, oder in weiche Substanzen resp. Membranen mit seiner zugeschärften Vorderkante einzudringen oder einzuschneiden, wozu seine Festigkeit und seine (mit Rücksicht auf den S. 262 u. 263 zu besprechenden Kalkgehalt anzunehmende) Härte den Kopf geschickt zu machen scheinen. Da der vordere Theil sehr dünn ist, dünner als der hintere, und aus stark lichtbrechender Substanz besteht, so erscheint sein Centrum als rundliche helle Scheibe, die als Spur einer feineren Structur gedeutet worden ist. Nach Verlust des Kopfes können die Bewegungen des Schwanzes eine Zeitlang noch fortdauern (Henle, 1841; Schweigger-Seidel, 1865); das beobachtete Maximum derselben bei unversehrten Samenfäden beträgt 0,06 in der Secunde (Henle, 1841; Lott, 1872): sie könnten danach in einer Stunde vom Orificium externum uteri zum Ovarium gelangen. — Carmin färbt zuerst die Köpfe, Jod die Mittelstücke (Schweigger-Seidel, 1865).

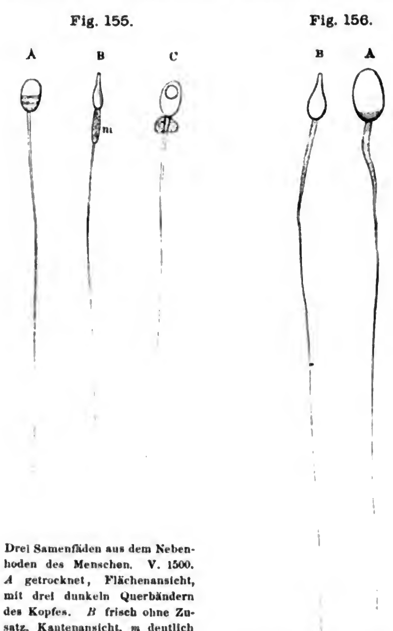


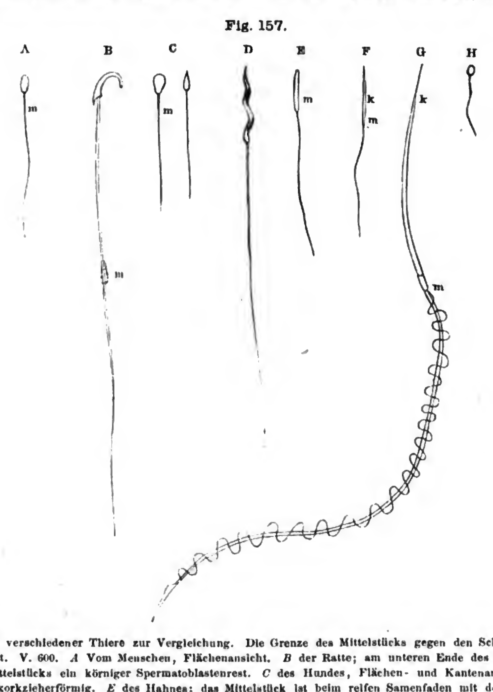
Fig. 155. Drei Samenfäden aus dem Nebenhoden des Menschen. V. 1500. *A* getrocknet, Flächenansicht, mit drei dunkeln Querbändern des Kopfes. *B* frisch ohne Zusatz, Kantenansicht, *m* deutlich abgegrenztes Mittelstück. *C* ebenso, Flächenansicht; unter dem Kopf sitzt ein protoplasmatischer Spermatoblasten-Rest, wie ein Mantel.

Fig. 156. Zwei Samenfäden aus dem Inhalt des Vas deferens. *A* Flächenansicht. *B* Kantenansicht. V. 2000 mit Listing'schem Ocular.

Bei *Thieren* ist die Form der Samenfäden (Fig. 157) eine andere und häufig für die Gattung charakteristische. Die des Kaninchens, sowie der meisten Haussäugethiere, sind am Vorderende ihres Kopfes etwas breiter als die menschlichen, bei der Ratte und Maus sind die Köpfe hakenförmig gebogen, bei Vögeln spiralig gedreht, was bei der Fortbewegung die Täuschung hervorruft, als drehe sich der Samenfaden um seine Längsaxe; beim Sperling nach Weicker (1857) in beiden Hoden rechtsgewunden; beim Frosch lang, vorn spitz, stäbchenförmig. Bei Tritonen und Salamandern (Fig. 157 *G*) sind undulirende Membranen vorhanden, die das Mittelstück spiralig umgeben, bei Insecten kommen accessorische Anhänge, vorn aufgesetzte Spitzen, auch wohl Kopfkappen vor, die das vorderste Ende des Kopfes bedecken (bei Locusta). Schweigger-Seidel (1865) hielt den (Fig. 157 *F*) abgebildeten Kopf des Samenfadens von Rana für das Mittelstück. Derselbe färbt sich jedoch (wie E. Neumann, 1875, gezeigt hat) mit Hämatoxylin und Rosanilin (gerade so, resp. noch intensiver) wie die Köpfe der Samenfäden von Säugern (und verdickt sich unter Umständen), während seine ungefärbt bleibende, wahrscheinlich der von Insecten beschriebenen homologe Spitze (von Schweigger-Seidel) als Kopf gedeutet wurde.

Was die *Entstehung der Samenfäden* anlangt, so sind die von Sertoli (1864) beschriebenen Zellen des Balkennetzes nach einer anderen Ansicht (Merkel, 1871) Stützzellen (S. 38) und die Samenfäden entstehen nicht in ihnen, sondern sind veränderte Hodenzellen von der kleineren Art mit hellem Kern; letztere Meinung war vor Auffindung der Spermatoblasten allgemein angenommen. Aus den scheinbaren, vielkernigen, kugligen Cysten

Fig. 157.



Samenfäden verschiedener Thiere zur Vergleichung. Die Grenze des Mittelstücks gegen den Schwanz ist mit *m* bezeichnet. V. 600. *A* Vom Menschen, Flächenansicht. *B* der Ratte; am unteren Ende des deutlich abgegrenzten Mittelstücks ein körniger Spermatoblastenrest. *C* des Hundes, Flächen- und Kantenansicht. *D* des Sperlings, korkzieherförmig. *E* des Hahnes; das Mittelstück ist beim reifen Samenfaden mit dem Kopfe verschmolzen. *F* von Rana temporaria mit scharfer Spitze und *k* langem schlanken Kopfe; bei unvollkommeneren Microscopen erscheint der Schwanz weit kürzer. *G* von Salamandra maculata; die Spitze ist deutlich gegen den Kopf abgegrenzt, der bei *k* beginnt. *H* vom Barsch (Perca fluviatilis) stecknadelförmig: mit kugligem Kopf.

(Fig. 154 *e*) sollten Bündel von Samenfäden hervorgehen. Die in jedem frischen Hoden anzutreffenden und leicht in eine Reihe (Fig. 154 *f—k*) zu ordnenden Uebergangsformen erklären sich einfach als mechanisch abgestreifte Theilstücke und Enden (Fig. 154 *e*) von Spermatoblasten, während E. Neumann (1875) vermuthet, dass solche abgelöste Partikelchen noch innerhalb des Lumens ihre weitere Entwicklung durchmachen möchten. Mihalkovics (1874) hält sowohl das durch v. Ebner (1871) so genannte Keimnetz, wie das Balkennetz und die Stützzellen für durch Gerinnung erzeugte Kunstproducte, wonach eine noch viel grössere Aehnlichkeit der Spermatoblasten mit Flimmer-Epithelzellen herauskommen würde. Die Spermatoblasten wären nämlich in den Ruheperioden cubisch und wüchsen in der Brunstperiode (z. B. beim Kater) zu langgestielten cylindrischen, an ihrem freien Ende mit Spermatozoenschwänzen besetzten Zellenkörpern aus. Vermuthlich repräsentirt das Balkennetz den Uebergang (3. Stad., S. 257) zwischen beiden Perioden, und ist deshalb beim Menschen immer hier und da vorhanden. — Man kann auch daran denken, ob die grösseren Hodenzellen mit grob granulirtem Kern nicht vielmehr die älteren sind und nicht durch Theilung die mit hellem Kern liefern, da nach Lott (1873) die von W. Krause (1870) beschriebenen granulirten Körperchen des Cornea-Epithels (S. 24, Fig. 8; S. 148) spätere Entwicklungsstadien darstellen sollen. Nicht minder wurde behauptet, die Köpfe der Samenfäden entständen keineswegs durch Theilung aus den ovalen Kernen der Spermatoblasten, sondern durch Generatio spontanea in deren Protoplasma (v. Ebner, 1871; E. Neumann, 1875). — Bei Säugethieren (namentlich Kater und Schwein, Mihalkovics, 1874; Ratte, v. Ebner, 1871; Hund,

x Sertoli, Cfr. Henle's Jahresbericht 1864 p. 120. u. 1871 p. 90.
+ Merkel, Reichert's u. Du Bois Archiv. 1871 p. 1 u. p. 644.
‡ Neumann, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11. p. 292. 1875.
‡ Mihalkovics, Arbeiten aus d. phys. Instit. zu Leipzig. 1874.
‡ v. Ebner, Rollett's Untersuch. aus d. Inst. f. Phys. u. Histol. in Graz, Hft. 2, Leipzig 1871
p. La Valette St George, Centralblatt f. d. med. Wissenschaft, 1868, Nr. 40 (sowie Stricker's Handbuch)
Schweigger-Seidel Arch. f. mikr. Anat. I. p. 309.

Kaninchen, sowie beim Frosch, E. Neumann, 1868) sind die Verhältnisse der Spermatoblasten-Anordnung und Samenfäden-Entwicklung im Allgemeinen identisch mit den vom Menschen beschriebenen. Kleinere Nager zeigen den Kern ihrer Spermatoblasten näher an die Fussplatte gerückt. Besonders grosse Aehnlichkeit mit Flimmerzellen (E. Neumann, 1868, 1875) haben die stark in die Länge gezogenen Spermatoblasten des Frosches im Winter. Ihre Enden erscheinen in Folge der länglichen Form der Samenfäden-Köpfe längsgestreift, wie Pinsel, und mit einem Wald von Cilien besetzt, die von den Schwänzen repräsentirt werden. Mannigfache Differenzen der Beobachter unter einander erklären sich theils aus Fehlern der Untersuchungsmethode (mechanische Zertrümmerung, coagulirende Wirkung des Alkohols und anderer Reagentien), theils und vorzüglich aber aus Untersuchung verschiedener Entwicklungsstadien und -Perioden bei Thieren. — Den Insecten scheint ein anderer Entwicklungsmodus eigen zu sein, und den jüngsten Stadien dürften kuglige, amöboide Bewegungen zeigende Protoblasten, Samenzellen, mit kugligem Kern und Nucleolus, entsprechen. In diesen Zellen, die durch Theilung sich vermehren, entsteht ein Nebenkern (Bütschli, 1871), ein heller, bläschenförmiger, glänzender (Mollusken, Arthropoden, la Valette de St. George, 1870) oder dunkler granulirter Körper, der kleiner ist als der Kern. Gleichzeitig sendet das Protoplasma der Zelle an der dem Kern entgegengesetzten Seite einen bleibenden dünnen Fortsatz aus, der Nebenkern theilt sich (bei Insecten) in zwei längliche Körper, oder wächst direct zu einem Faden aus, der einerseits mit dem Kern in Verbindung tritt, andererseits sich in den fadenförmigen, protoplasmatischen Anhang der Zelle fortsetzt. Hierdurch kann der Anschein entstehen, als ob der Faden eine directe Fortsetzung des Kerns sei (Kölliker, 1841 u. 1867). * Die entsprechenden Bilder sind der Analogie nach so zu deuten, dass die Fortsetzung des Fadens und seine Verbindung mit dem Zellenkern innerhalb der Zelle (Fig. 154 *k*) durch Verlängerung eines Nebenkerns innerhalb eines künstlich abgelösten Spermatoblasten-Ausläufers zu Stande kommt. Solche Nebenkerne sind beim Menschen noch nicht direct beobachtet. Nun vermindert sich das Zellenprotoplasma, vertheilt sich längs des aus dem Nebenkern hervorgegangenen Fadens und haftet an den nicht ganz reifen Samenfäden, mitunter aber auch an völlig reifen in Form eines kugligen oder mantelförmigen Anhanges. Der Kern tritt schliesslich aus dem Zellenprotoplasma hervor und nimmt seine bleibende (bei verschiedenen Thierclassen verschiedene) Form an. Ist der Faden einer Samenzelle, deren Kern gerade hervorbricht, bei der Präparation verloren gegangen, so erscheint letzterer als länglicher, glänzender Anhang einer kugligen Zelle. Eine unmessbar feine Fortsetzung des Protoplasma, aus welchem der bewegliche Theil des Schwanzes besteht, überzieht bleibend das Mittelstück. Es entspricht also der Kopf des reifen Samenfadens dem Kern des Spermatoblastenfortsatzes oder der Keimzelle; das Mittelstück, welches in die hintere Fläche des Kopfes mittelst dessen trichterförmiger Höhlung eingelenkt ist, dem Nebenkern, der von einem dünnen Protoplasma-Ueberzug bedeckt wird und dem grössere kuglige oder mantelförmige Protoplasmaklümpchen, die man in letzterem Falle (s. auch Fig. 155 *C*) mit dem convexen Schutzblatt eines Stossrappiers verglichen hat (Henle, 1841), noch anhängen können; endlich der allein bewegliche Schwanz ist Zellenprotoplasma. Seine Bewegungen sind selbstständige, amöboide, in passenden Lösungen mit Raschheit vor sich gehende. — Die verschiedene Grösse der Samenfädenköpfe ist wohl so zu deuten, dass die grösseren noch nicht ganz reife Formelemente sind; also wahrscheinlich nach häufigeren Entleerungen sich vorfinden werden. Das scheinbar Paradoxe einer beträchtlicheren Grösse bei gereifteren Formen findet in der überwiegenden Grösse des ursprünglichen Zellenkerns seine Erklärung.

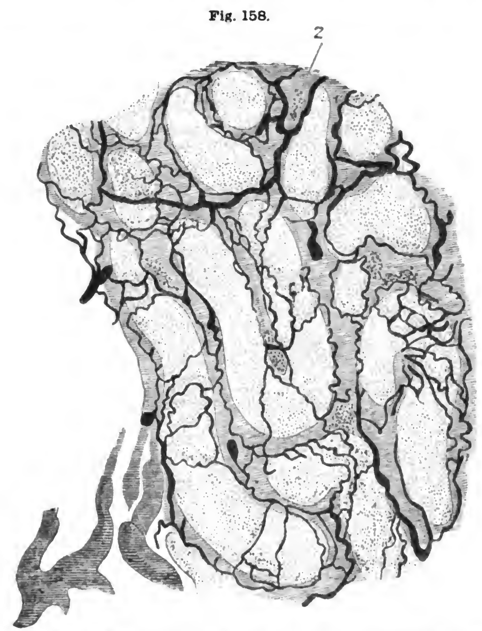
Zu dieser, wie man sieht, auf die Formelemente, welche im Lumen der Samenkanälchen beim Menschen gefunden werden, übertragbaren Anschauung, ist jedoch zu bemerken, dass die folgende Deutung den Thatsachen besser zu entsprechen scheint. Wie (S. 264) gezeigt wird, sind die Fortsetzungen der Samenkanälchen im Nebenhoden mit Flimmer-Epithel ausgekleidet; an Flimmerzellen erinnern aber auch die mit Bündeln von Samenfäden an ihren freien Enden (Fig. 153 *C*) durchsetzten Spermatoblasten des Menschen und noch mehr die des Frosches (s. oben). Homologisirt man (mit E. Neumann, 1875) den Spermatoblast, wie (S. 257) geschehen ist, einer verästelten Flimmerzelle des embryonalen Wolff'schen Körpers, so entspricht seine Basis der Fussplatte einer Flimmerzelle, jeder Samenfadenschwanz einer Cilie und der Kopf einem durch successive Theilungen aus dem ursprünglichen Kern der Flimmerzelle hervorgegangenen Kern, während das Mittelstück und sein ursprünglicher Mantel-förmiger Anhang Protoplasma derselben Flimmerzelle ist. Die Bildung der Samenfäden ist dann vollkommen der Erneuerung gewöhnlicher Epithelien (z. B. der Cornea, S. 24) zu homologisiren — ein äusserst wichtiges Factum. Die Bewegung der Samenfäden aber hängt ab von demselben Protoplasma, das ursprünglich die Cilien einer Flimmerzelle in Schwingung setzen konnte; die Entstehung junger Samenfäden ist der Reproduction verloren gegangener Flimmerhaare gleichzusetzen und der Vorrath von Spannkraft, den ein Samenfaden bei seiner Ausstossung mitnimmt, und der, in lebendige Kraft (S. 287) umgesetzt, ihn durch die Tuba etc. bis zum Eichen führen kann, muss sich erschöpfen, weil das Protoplasma des Mittelstücks sich nicht weiter zu ernähren vermag, nachdem es von der Nachbarschaft der Blutcapillaren im Hoden (und Nebenhoden, dessen Blutgefäss-Vertheilung (S. 265) wohl hierauf zu beziehen ist) abgelöst ist — so wenig, wie eine losgestossene Flimmerzelle. Hiermit scheint aber die Function des Mittelstücks noch nicht zu Ende zu sein. Was nämlich die physiologische Bedeutung der sonstigen Abschnitte der Samenfäden betrifft, so ist der Schwanz Locomotionsapparat, dessen Function nach dem Eindringen in das weibliche Ei wegfällt. Die Köpfe sind, insofern sie bei Thieren haarförmig und zugespitzt sich darstellen, im Stande durch kleine Oeffnungen (Micropyle) in das Ei einzudringen. Fehlt die Micropyle, was bei den Säugern zutrifft, so muss die Zona pellucida von dem Kopf zerschnitten werden, (S. 260) um den Eintritt des Samenfadens zu gestatten. Hierzu eignet sich derselbe vermöge seiner vorn zugeschärften Form und seiner aus dem Reichthum an Kalksalzen (S. 263) abzuleitenden Härte vorzüglich. Die verschiedenartige, zum Theil messerartige (Maus), sichelförmige (Ratte) Gestalt mag zum Durchschneiden der Hüllen verschiedener Eier diese oder jene Vorzüge haben; zugleich erklärt sich, *weshalb Bastardzeugung schwierig ist* gegenüber der Befruchtung innerhalb derselben Art, aber nicht unmöglich. Als eigentlich befruchtendes Element bleibt mithin nur das Mittelstück übrig, und gerade dieses ist ein veränderter Theil des Protoplasma der ursprünglichen Samenzelle; gerade das Mittelstück geht (nach Bütschli bei Insecten) aus einem in der Nachbarschaft des Kerns der letzteren gelegenen Nebenkerne hervor, welcher Nebenkern bei Infusorien (Paramaecium bursaria) als Nucleolus bezeichnet wird, und als hier allein vorhandener, folglich wesentlichster männlicher Geschlechtsapparat gedeutet worden ist. — Entdeckt wurden die Samenfäden von Leeuwenhoek (1677); die Mittelstücke von Schweigger-Seidel (1865).

Die **Bewegung der Samenfäden** fehlt in der concentrirteren Flüssigkeit, welche der Samen in den Hoden- und Nebenhodenkanälchen, sowie im Vas deferens darstellt; sie tritt erst ein bei passender Verdünnung, wie sie indifferente Zusatzflüssigkeiten (1 %ige Lösungen von Chlorkalium, Chlornatrium, salpetersaures Kali oder Natron oder mehrprocentige von schwefelsaurem Natron, schwefelsaurer Magnesia, Chlorbarium, kohlensaurem oder phosphorsaurem Natron etc.), speciell auch die von den accessorischen Drüsen der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane gelieferten, darstellen. In letzteren bleiben sie bei Säugethieren bis zu acht Tagen beweglich, in der männlichen Leiche etwa zwei Tage. Wasser, stark verdünnte Salzlösungen, Säuren auch in geringer Concentration, Temperaturen unter 15° und über 47° zerstören die Bewegungsfähigkeit, wobei das Wasser die Schwänze hygroscopisch verlängert, dieselben sich einrollen und Nadelöhr-förmige Schlingen bilden macht; Gefrieren liess sie noch nach vier Tagen unverändert. Die schon erloschene Bewe-

* Kölliker, Zeitschrift f. wissenschaftliche Zoologie, Bd. VII p. 201.
Stieda. Ueber den Bau des menschlichen Hoden. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. p. 7. 1877. enthält wenig neues.

gung wird durch fixe Alkalien wieder angefacht; durch concentrirtere Lösungen von Zucker, **Eiweiss**, Glycerin, Harnstoff, neutral reagirenden Salzen, wenn allzu grosse Verdünnung **erstere** herbeigeführt hatte; Curare regt sie an; ebenso Wasserzusatz bei unvollständig eingetrockneten Samenfäden. Aufgehoben wird die Bewegung durch concentrirte Alkalien, **Säuren**, obgleich die Fäden selbst den Mineralsäuren und kurze Zeit sogar beim Kochen mit solchen Widerstand leisten; ferner durch Metallsalze, Alkohol, Aether, Chloroform, Kreosot, Tannin, fette und flüchtige Oele, Alkalien: bei letzteren langsam in der Kälte, rascher beim Erhitzen. Der Fäulniss widerstehen die Samenfäden Monate lang in wässrigen

Fig. 158.



Durchschnitt eines Hoden. Blutgefässe (schwarz) mit Leim und Carmin, Lymphgefässe (schraffirt) mit kaltflüssigem Berlinerblau injicirt. V. 60. Die Samenkanälchen erscheinen theils gewunden, theils auf dem Querschnitt getroffen und kreisförmig; im Innern der Lymphspalten sind nicht nur Blutgefässe, sondern auch Zellen der Zwischensubstanz *Z* enthalten.

Lösungen und beim Glühen auf Platinblech behalten sie ihre Form. Alle diese Reactionen sprechen für eine Zusammensetzung aus einem festgewordenen Eiweisskörper und infiltrirter phosphorsaurer Kalkerde. Bemerkenswerth ist das in mancher Beziehung übereinstimmende Verhalten der Bewegung von Samenfäden und Flimmercilien (S. 31), das sich aus dem oben Gesagten (S. 262) leicht erklärt. — Im eingetrockneten Samen zeigen sich *Krystalle* eines eiweissähnlichen Körpers, die jedoch in kalter Salpetersäure mit Zurücklassung eines blassen Streifens oder einer Lücke löslich sind. Es sind Doppelpyramiden klinorhombischen Systems; ihre grössten Drusen zuweilen mit blossem Auge wahrnehmbar. Sie entstehen aus der Samenflüssigkeit, die ausser den Samenfäden noch Leukoblasten enthält, wenn sie entleert

wird. Letztere sind zum Theil Hodenzellen, die amöboide Bewegungen zeigen; zum Theil stammen sie aus den zahlreichen Drüsen der Geschlechtswege (S. 270).

Die Blutgefässe des Hodens sind sparsam. Die A. spermatica interna verläuft spiralig gewunden durch den venösen Plexus pampiniformis und es bleiben diese Abzugswege vermöge ihres Verlaufes offen, wenn der Samenstrang durch seine Muskeln comprimirt wird. Theils durchbohren ihre Aeste etwas schräg die Tunica albuginea und versorgen ohne Anastomosen einzugehen gesonderte Provinzen der Hodensubstanz, theils dringen ihre Aeste vom Corpus Highmori aus in die Septula. Die Venen verlaufen mit den Arterien, treten in mehr gerader Richtung durch die Albuginea und hängen mit den ersteren durch ein weitmaschiges (Fig. 158), mit langgestreckten Maschen die Samenkanälchen umspinnendes Capillarnetz sowie mit einander zusammen. Die Zwischenräume, welche die Kanälchen zwischen sich lassen und welche die Blut- sowie Lymphgefässe enthalten, haben die Form von dreiseitigen oder polyedrischen, zum Theil durch interstitielles Bindegewebe ausgefüllten Spalten. Ausserdem sind die Blutgefässe von Zellensträngen umgeben, die gruppenweise, als sog. Zwischensubstanz des Hodens, namentlich auch an den Stellen vorkommen, wo mehrere Samenkanälchen zusammenstossen. Die Zellen, *Zwischenzellen*, sind unregelmässig polyedrisch oder cylindrisch, grobkörnig, die Körnchen resistent gegen Essigsäure und Natron, meist gelblich oder bräunlich, ganz ähnlich den in den Spermatoblastenfüssen innerhalb der Kanälchen vorhandenen. Ausserdem enthalten sie eiförmige helle Kerne mit Kernkörperchen.

Die Lymphgefässe sind weit und bilden weitmaschige Netze; in mit Endothel ausgekleidete Lymphspalten sich fortsetzend, füllen sie die Zwischenräume zwischen den Blutgefässen und Samenkanälchen vollständig aus; die letzteren sind auswendig grösstentheils von Lymphspalten und Lymphcapillaren begrenzt, zwischen denen dünne Bindegewebsbündel durchtretend sich an die Aussenwand der Kanälchen resp. die Blutgefässcapillaren heften. Lymphspalten und Lymphcapillaren führen zu stärkeren mit Klappen versehenen Stämmchen, welche theils in den Septula die Blutgefässe meist paarweise begleitend und Netze bildend verlaufen, grösstentheils aber die Tunica albuginea durchbohren und im subserösen Bindegewebe nahe der Serosa reiche grossmaschige Plexus zusammensetzen.

Die Nerven begleiten als sparsame Bündel kernführender und einzelne dunkelrandiger Fasern die Blutgefässe; ihr Ende ist nicht bekannt.

Beim Kaninchen ist die Zusammensetzung des interstitiellen Bindegewebes aus platten Bündeln einerseits und glasartigen, von Endothel-ähnlichen platten Inoblasten gebildeten Lamellen, Endothelhäutchen (Mihalkovics, 1874), andererseits, besonders deutlich. — Die Bedeutung der erwähnten Zellen in den Interstitien der Samenkanälchen ist wahrscheinlich diejenige von besonders entwickelten Adventitialzellen der Blutgefässe wie in der Nebenniere (S. 249. S. auch Blutgefässsystem). Sie wurden von Kölliker (1854) gesehen, von Leydig (1857) beim Pferd und Schwein für Fett- und Pigment-haltige Bindegewebszellen erklärt. Sie sind meist länglich polygonal, bei der Ratte fettreicher, beim Menschen mehr zu Nestern, bei Raubthieren zu Strängen, beim Kaninchen zu Scheiden um die Capillargefässe, beim Rind, Pferd und Schwein zahlreich und mehr diffus angeordnet (Hofmeister, 1872). Auch bei Fledermäusen (Leydig), der Maus (v. Ebner, 1871), beim Maulwurf (Hofmeister), dem Ziegenbock, sowie bei Vögeln (Taube, Hahn, Mihalkovics, 1874), sind sie nachgewiesen. Nach Letzterem werden die Hohlcylinder, welche sie z. B. beim Hunde um kleine Venen bilden können, an ihren Aussenflächen von Endothelzellen umscheidet und Anfänge von Lymphspalten reichen zwischen die Zwischenzellen hinein.

Eberth (1862) traf beim Enterich spärliche Ganglienzellen an den feineren Stämmchen, sowie zahlreiche glatte Muskelfasern sowohl in der Albuginea, als im Innern. Aehnliche Musculatur zeigen die Reptilien. — Ueber die Nervenendigungen an den Samenkanälchen s. Nervensystem.

Nebenhoden, *Epididymis*. Die geraden Samenkanälchen sind enger als die bisher (S. 255) beschriebenen gewundenen; sie beginnen mit trichterförmigen Uebergängen, die noch den Bau der gewundenen Kanälchen zeigen und gehen auf ähnliche Weise in das Rete testis über. Ihr Verlauf ist ein schräg sich überkreuzender, so dass auf feinen Durchschnitten nur kurze Abschnitte zugleich übersehen werden können. Ihre Membran ist wie die der gewundenen beschaffen; an ihrer Innenfläche trägt sie ein gegen das Rete hin niedriger werdendes cylindrisches Epithel.

Im *Rete testis* entbehren die Kanälchen der Umhüllung, sind ausgespart in dem festen, aus sich durchflechtenden Bündeln gewebtem Bindegewebe des Corpus Highmori, bilden ein Netz mit eckigen Maschen und tragen an ihrer Wandung niedriges cylindrisches Epithel. Die Vasa efferentia testis in den Coni vasculosi und der Nebenhodenkanal werden von einer glatten circulären Muskelhaut gebildet, die aussen und innen vom Bindegewebe begrenzt ist und an ihrer Innenfläche beträchtlich hohe Flimmerzellen, sowie Ersatzzellen zwischen deren Fussplatten trägt. Die Cilien der ersteren sind

für gewöhnlich zusammengeklebt: sie gleichen den Haarzellen (S. 124, Fig. 75 *h*) im Vestibulum. Die Aehnlichkeit eines feinen Durchschnitts mit Samenfäden enthaltenden Spermatoblasten-Enden ist sehr auffällig und weist auf die Entstehung der Samenkanälchen aus dem Nebenhoden (Wolff'scher Körper, S. 253) hin. Die Richtung des Flimmerstroms geht nach dem Vas deferens. Lockeres Bindegewebe verbindet die Windungen des Nebenhodenkanales. Wie letzterer ist auch das *Vas aberrans* gebaut. —

Die Blutgefässe und Lymphgefässe verhalten sich wie im Hoden, doch sind erstere eher zahlreicher (S. 262) und dringen auch in die Wand der Kanälchen ein. Ueber dem Nebenhoden angehörige Nerven ist nichts bekannt.

Mihalkovics (1874) schreibt den Rete-Kanälchen Platten-Epithel zu. — Beim Hunde treten die Lymphgefässstämmchen in den Samenstrang an der dem Eintritt der Hodenlymphgefässe entgegengesetzten Seite. Sie anastomosiren zwar mit denselben innerhalb des Plexus pampiniformis; ihr Hauptzug geht, sich aber getrennt haltend, bis zum Leistenring, und ebenso verläuft ein stärkeres, von der Cauda des Nebenhodens herstammendes Lymphgefäss isolirt (Ludwig und Tomsa, 1863).

Ovarium masculinum. Das merkwürdige, dem weiblichen Eierstock homologe Gebilde hat eine bindegewebige Grundlage, enthält gewundene Kanäle mit cubischem oder niedrigem cylindrischen Flimmer-Epithel an ihrer Innenfläche und ausserdem im Lumen Fettkörnchen, abgestossene und zerfallende oder mit Fetttröpfchen infiltrirte Epithelien. Die äussere Oberfläche ist von ähnlichem nicht flimmernden Epithel überzogen, das dem platten Endothel der Tunica serosa testis angrenzt; sich auch in microscopische Buchten und Spalten an der äusseren Oberfläche des Ovarium masculinum fortsetzt, die auf dem senkrechten Durchschnitt wie cylindrische Drüsenschläuche sich ausnehmen. In den dazwischen gelegenen Septa biegen die Blutcapillaren unter der Oberfläche schlingenförmig um.

Das Ovarium masculinum wurde von C. Krause (1. Aufl., 1836, S. 541) als Ausstülpung der Serosa und Analogon der Appendices epiploicae; von Luschka (1851) als ungestielte Hydatide, von la Valette de St. George (1870) als Zotte der Serosa aufgefasst; erst durch Fleischl (1871) seine Natur richtig erkannt. Luschka (1854) beschrieb als Analoga der Appendices epiploicae mitunter vorkommende, einige Mm. grosse oder nur microscopische Scheidenhautzotten. — Die inconstante obere gestielte Cyste ist ein mit klarer Flüssigkeit gefülltes Bläschen, das einzelne cubische Epithelialzellen und freigewordene Kerne enthält; sie ist ein Rest des Müller'schen Ganges (S. 254) und entspricht dem oberen Ende der weiblichen Tube. — Nervenfasern besitzt das Ovarium masculinum nicht. *

Die **Paradidymis** enthält gewundene Kanälchen, die mit blinden, verästelten, kolbigen Enden beiderseits geschlossen aufhören, von einer bindegewebigen gefässhaltigen Wand mit cubischem Platten-Epithel umgrenzt sind und viele Fettkörnchen oder eine mehr klare Flüssigkeit enthalten.

Tunica vaginalis propria. Der Nebenhoden wird von einer locker angehefteten serösen Hülle überzogen und diese hängt mit der Tunica vaginalis propria zusammen. Beide sind wie das Bauchfell (S. letzteres) gebaut.

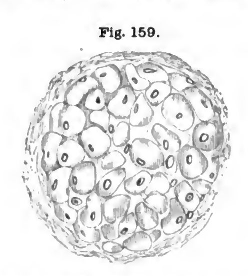
Samenstrang.

Das **Vas deferens** bietet in seinem *Anfangsstück, Mittelstück* und *Endstück* oder Ampulle etwas verschiedenen Bau. Die Länge des ersteren wird zu etwa 6, die des letzteren 4—5 Cm. angenommen; wenn aber die Windungen des Anfangsstücks entwirrt werden, beträgt ihre Gesammtlänge mindestens 16 Cm. und die microscopischen Charactere des letzteren wie des erstgenannten erstrecken sich manchmal noch weiter. Der Samenleiter besitzt auf seiner Innenfläche Cylinder-Epithel mit gelblichen oder bräunlichen Pigmentkörnchen und eiförmigen Kernen in seinen Zellen, die radiär gestreifte Deckel haben; im Anfangsstück des Samenleiters sind noch Flimmerhaare auf letzteren vorhanden; ausserdem Ersatzzellen. Die Körnchen sind grösser im Endstück; sie schwärzen sich mit Osmiumsäure nicht. Daselbst und sparsamer im übrigen Theile sitzen grössere colloid entartete Zellen mit grösseren Kernen zwischen den gewöhnlichen, bald vereinzelt, bald mehrere neben einander und bieten alle Uebergänge zu den Cylinderzellen.

* Der Körper der ungestielten Hydatide ist ein Homologon der pars infundibuliformis Tubae, und der Kurze Canal, falls ein solcher existirt, was nicht allemal der Fall ist, das Homologon eines Stückes des anstossenden Tubenganges. Waldeyer. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII, Hft. 2. S. 279.

Die Schleimhaut selbst enthält zahlreiche Inoblastenkerne und in den beiden äusseren Dritteln ihrer Dicke sehr zahlreiche feine elastische Fasern, die, dichte Netze bildend, im äussersten Dritttheil vorwiegend queren Verlauf einhalten; sie hängen mit weitmaschigen, die Muskelhaut durchziehenden feinen Fasernetzen zusammen. Die Muscularis hat in der Nachbarschaft des Nebenhodens eine dünnere innere Längsmuskellage, die schrägverlaufende Bündel gegen die Schleimhautoberfläche sendet, während im übrigen Verlauf des Vas deferens einzelne Längsbündel mit der mittleren circulären Lage sich mischen. Die letztere oder Ringmuskellage ist etwa ebenso dick wie die äussere Längsmuskelschicht; beide Lagen verflechten sich im Mittelstück vielfach an ihrer Grenze unter einander. Die bindegewebige, mit stärkeren elastischen Fasern ausgestattete Adventitia führt im ganzen Verlauf des Samenleiters, namentlich aber vom Hoden bis zum Leistenkanale bündelförmig geordnete längslaufende glatte Muskelfasern (Fig. 159), Fortsetzungen des M. cremaster internus. — Im Endstück (Fig. 160) ist die Muscularis stärker, die Trennung in Ring- und Längsmuskellage schärfer; die Netze elastischer Fasern verlaufen vorwiegend ringförmig und reichen bis unmittelbar an den Boden der Einstülpungen, welche die Schleimhaut hier besitzt. Es sind nämlich ihre mit freiem Auge sichtbaren Ausbuchtungen theils mit rundlichen oder sackförmigen Divertikeln, theils mit zahlreichen, microscopischen, blind endigenden Falten und verästelten Einstülpungen besetzt, deren Epithel sich durch gelbliche oder bräunliche Pigmentirung des auskleidenden niedrigeren Cylinder-Epithels auszeichnet. Seine Zellenkerne sitzen dem befestigten, die Pigmentkörnchen der freien Zellenoberfläche näher. Die Divertikel dagegen haben eine glatte Innenfläche und helleres Epithel. Jene stärkeren Falten führen auch Muskelfasern, die theils radiär, theils longitudinal verlaufen und durch äussere circuläre Bündel verstärkt werden; die zugehörigen Ausbuchtungen dringen in die Ringmuskellage ein und hier und da erscheint auf dem Querschnitt das Lumen des Vas deferens vollständig in mehrere Abtheilungen gesondert, die weiter nach oben oder nach abwärts unter einander communiciren.

Fig. 159.



Bündel glatter Muskelfasern aus der Adventitia des Vas deferens, von Bindegewebe umhüllt. Alkohol, Querschnitt, Essigsäure. V. 800/600. Die Kerne erscheinen theils wandständig, theils im Centrum der Faserquerschnitte.

Die arteriellen Blutgefässe versorgen die Muskel- und Schleimhaut, letztere mit polygonalen Capillarmaschen; die Venen des Plexus pampiniformis sind durch dicke Ringmuscularis, auf die nach aussen Längsmuskeln folgen, ausgezeichnet. — Lymphgefässe bilden einen weitmaschigen Plexus in der Adventitia. — Die Nerven bestehen aus dunkelrandigen, vom N. spermaticus externus abgegebenen Fasern und den in der Adventitia gelegenen blassen Netzen des Plexus spermaticus. Letztere enthalten Ganglien an den Knotenpunkten, namentlich zahlreich entwickelt und grösser in der Umgebung des Endstücks und doppeltcontourirte Fasern, von denen einzelne auch in die Schleimhaut vordringen; ihre Endigung ist nicht bekannt. — Ueber den Inhalt der Vasa deferentia s. Ductus ejaculatorii (S. 270).

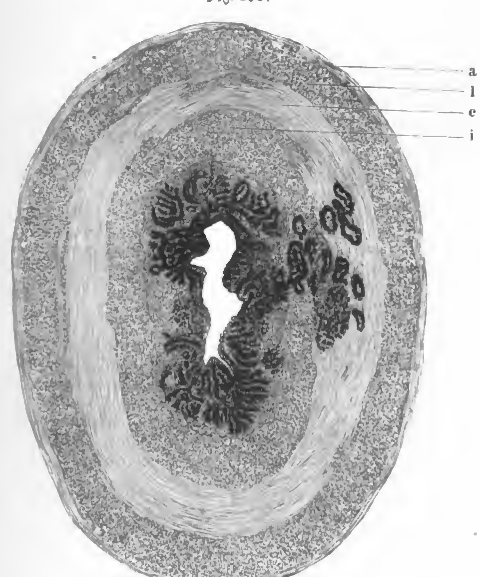
Leydig (1857) und Henle (1864) halten bei Säugethieren und Menschen die Schleimhautfalten in den Ampullen für drüsige Bildungen. Nach Ersterem ist es überhaupt subjectiv, ob derartige schlauchförmige Einstülpungen des Epithels als solche oder als Drüsen aufgefasst werden; nach Letzterem unterscheidet sich das Drüsen-Epithel an diesem Orte von demjenigen der Divertikel durch die dem letzteren fehlenden Fett- oder Pigmentkörnchen. Dieser Mangel ist jedoch kein vollständiger und was die Auffassung betrifft, so dürfte dabei das Verhalten der Lumina entscheidend sein. Nun haben diese Schleimhaut-Einstülpungen theils spaltförmige, theils

weitere cylindrische und kolbige, in jedem Falle ausserordentlich wechselnde Lumina, was bei analogen Drüsenbildungen, z. B. den Lieberkühn'schen (S. 213, Fig. 128), nicht der Fall zu sein pflegt.

Das **Rudimentum canalis vaginalis** besteht aus festeren Bindegewebszügen, wenn es von dem Bindegewebe des Samenstranges unterscheidbar ist.

Tunica vaginalis communis funiculi spermatici et testis setzt sich aus lockerem Bindegewebe mit elastischen Fasern und anastomosirenden Bündeln glatter Muskelfasern zusammen. Dieselben umgeben als *M. cremaster internus* den unteren Theil des Hodens, bilden die innere Schicht der Tunica

Fig. 160.



Querschnitt von der oberen Grenze des Endstücks des Vas deferens nach Härtung in Alkohol, mit Essigsäure. V. 25. Die Schleimhaut zeigt zahlreiche, in Folge der Beschaffenheit ihres Epithels dunkel aussehende Buchten und Spalten, die mit Drüsen verwechselt werden können. *a* Adventitia. *l* äussere longitudinale, *c* circuläre, *i* innere longitudinale Muskelfaserschicht; zwischen letzterer und der Schleimhaut Netze elastischer Fasern.

vaginalis communis, setzen sich als einzelne, längs des Vas deferens und der A. spermatica interna verlaufende Bündel am Samenstrange bis gegen den vorderen Leistenring hin fort; nach unten strahlen die glatten Muskelbündel theils in das Bindegewebe der Tunica communis, theils querverlaufend in die Epididymis und Tunica albuginea testis aus, ohne in den Hoden selbst einzudringen.

Bindegewebige gefässlose Anhänge, die in ihren Stielen elastische Fasern führen, kommen öfters in wechselnder Menge und Hirsekorngrösse auf der äusseren Fläche der Tunica vaginalis communis vor (Rektorzik, 1857).

Der **M. cremaster externus** besteht aus Bündeln quergestreifter Muskelfasern, die spitzwinklig anastomosiren. Die übrig bleibenden Maschen werden von Bindegewebe mit zahlreichen elastischen Fasern ausgefüllt.

Hodensack.

Seine Cutis zeichnet sich durch Pigmentirung des Rete mucosum aus; ferner durch Entwicklung der Lymphgefässnetze im fettlosen subcutanen Gewebe. Die *Raphe scroti* besteht aus gekreuzten Bindegewebsbündeln. — Die Tunica dartos enthält in schrägen Richtungen sich kreuzende Bündel glatter Muskelfasern, deren Maschen durch elastische Fasern und fettloses Bindegewebe ausgefüllt werden. Sie inseriren sich an die Cutis, folgen öfters dem Verlauf stärkerer Blutgefässe und gehen nach oben in elastische Sehnen über, welche mit einzelnen Muskelzügen untermischt in die Fascia superficialis der Bauchgegenden und des Dammes, sowie die Fascia penis ausstrahlen. — Das Septum scroti ist eine gemeinschaftliche Fortsetzung der beiden Hälften der Tunica dartos: dasselbe enthält in der Medianebene von vorn nach hinten verlaufende glatte Muskelbündel, namentlich in seinem vorderen und unteren Theile.

Blutgefässe der Hüllen des Hodens und Nebenhodens. Das Scrotum wird von den Aa. scrotales versorgt, der M. cremaster externus, die Tunicae vaginalis communis und propria von der A. spermatica externa aus der A. epigastrica inferior. Anastomosen finden unter beiden, sowie mit Aesten der A. deferentialis aus der A. vesicalis im Bindegewebe am Kopf des Nebenhodens statt; während der Hoden die A. spermatica interna aus der Aorta erhält, die ihrerseits mit der A. deferentialis anastomosirt. — (Ueber die Venen s. Bd. II.)

Harnröhre.

Die männliche Harnröhre, *Urethra,* besteht aus einer vom Blasenhals bis zum Orificium externum sich erstreckenden Schleimhaut, zu welcher accessorische Auflagerungen hinzutreten. Das Epithel ist im obersten Theil der Pars prostatica ein geschichtetes Platten-Epithel wie das der Harnwege, jedoch mit schlankeren cylindrischen Zellen in der zweiten Lage, deren Fussplatten der Schleimhautoberfläche aufgesetzt sind. Dazwischen stehen zahlreiche Ersatzzellen. Durch diese Bildung wird der Uebergang zu dem geschichteten Epithel der Harnblase vermittelt. Im übrigen hat die Harnröhre cylindrisches Epithel bis zur Fossa navicularis, oder wenige Cm. rückwärts vom Orificium externum, woselbst nach einem Uebergange wie im oberen Ende der Pars prostatica gewöhnliches geschichtetes Platten-Epithel folgt. Die Cylinderzellen sind in der Pars cavernosa beträchtlich lang (etwa 0,07), ihre Fortsätze nach der Schleimhaut hin lang und dünn, öfters getheilt; dazwischen stehen viele Ersatzzellen. Am geringsten ist die Dicke des Epithels in der Pars membranacea und am Colliculus seminalis (0,025—0,028); in der Pars prostatica beträgt sie an der oberen Wand 0,06, an der unteren 0,05. — Die freie Schleimhautfläche ist in der Pars cavernosa mit niedrigen hügelförmigen Papillen besetzt: dicht gedrängt stehen sie soweit das Platten-Epithel reicht; sie sind am längsten an der unteren Wand der Fossa navicularis und zum Theil an ihrer Spitze getheilt. Mehr vereinzelt stehen sie einige Cm. weit rückwärts vom Orificium externum der Urethra; die übrigen Parthien der Schleimhaut sind glatt, abgesehen von den zahlreichen, auch microscopischen, meist longitudinal verlaufenden, gebogenen Falten, die sie im nicht ausgedehnten

Zustande darbietet. Die Schleimhaut ist sehr reich an elastischen Fasern, ihre Bindegewebsfasern verlaufen meist longitudinal und ihre aus glatten Fasern bestehende Muscularis ist an verschiedenen Stellen verschieden. In der Pars prostatica folgen nahe der inneren Oberfläche einzelne longitudinal verlaufende, der Schleimhaut-Propria eingestreute glatte Muskelfasern als Fortsetzung der innersten longitudinalen Muskelschicht des Trigonum vesicae. Daran schliesst sich nach aussen eine mittlere stärkere circuläre Muskellage: Fortsetzung des M. sphincter vesicae, und eine äussere, aus längs- und schräglaufenden Bündeln bestehende, die in die Musculatur der Prostata übergeht.

In der Pars membranacea folgt auf die Propria der Schleimhaut nach aussen eine Submucosa mit weitmaschigem Venenplexus: cavernöses Gewebe der P. membranacea (S. unten), untermischt mit glatten Muskelfasern. Dann kommt eine mächtige, aus gesonderten cylindrischen Bündeln geflochtene Längsmuskelfaserschicht und nach aussen von derselben eine stärkere Ringfaserhaut. Sie besteht aus Bindegewebsbündeln und vielen elastischen Fasern, untermischt mit glatten Muskelfaserzügen, die nach unten seltener werden resp. theilweise in die longitudinale Richtung übergehen. Die Maschen dieser circulären Balken werden aber von Längsbündeln glatter Musculatur durchsetzt. In der Pars cavernosa setzen sich diese Muskelschichten, namentlich die circulären, noch eine Strecke weit längs des Bulbus urethrae fort; im übrigen Theile sind nur einzelne längs- und schrägverlaufende Bündel vorhanden.

Ausserdem enthält die Schleimhaut in ihrem ganzen Verlaufe Urethraldrüsen, *Gl. urethrales* s. Littrii, Littre'sche Drüsen: am zahlreichsten in der Pars prostatica. Einige stellen einfache Crypten dar; die meisten sind acinös, nähern sich aber der tubulösen Form durch die längliche Form ihrer sparsam vorhandenen Acini. Der Ausführungsgang verläuft meist gewunden in schräger Richtung gegen die Schleimhaut-Oberfläche und ist wie die Crypten resp. Drüsenbläschen mit Cylinder-Epithel ausgekleidet. Sie entbehren einer darstellbaren Membrana propria, besitzen dafür eine bindegewebige, mit länglichen Kernen versehene Faserhülle. In der Pars membranacea sind sie sparsam, reichen mit ihren verästelten schlauchförmigen Gängen in die cavernöse Schicht, einzelne auch bis zwischen die Längsmuskelfasern. Mitunter treten hier an Stelle der Drüsen flache rundliche oder cylindrische in der Schleimhautebene verzweigte und ebenfalls mit Cylinder-Epithel ausgekleidete microscopische Schleimhaut-Einstülpungen, welche ersteren in kleinerer Form die Lacunen der Harnröhre (Bd. II) wiederholen. — Ueber den Colliculus seminalis s. S. 271.

Die Blutgefässe der Harnröhre bilden längliche in longitudinaler Richtung gestreckte Capillarmaschen; jede Papille enthält eine Gefässschlinge. In der Pars membranacea wird die zwischen der Propria und den longitudinalen innersten glatten Muskelzügen gelegene Submucosa von weitmaschigen Venenplexus eingenommen, die als cavernöses Gewebe bezeichnet werden und mit demjenigen des Colliculus seminalis communiciren.

Die Lymphgefässe sind sehr zahlreich, am stärksten in der Pars cavernosa; sie bilden weitmaschigere, wie die der Blutgefässe angeordnete Lymphcapillarnetze, hängen nach oben mit denen der Blase, nach unten mit denjenigen der Glans penis zusammen. — Die Nerven der Schleimhaut sind doppelt-contourirt: die der Pars membranacea in geringerer Anzahl vorhanden; ihre Endigung unbekannt.

Samenbläschen.

Das Epithel der *Vesiculae seminales* ist wie im Endstück des Vas deferens beschaffen; seine Zellen führen gelbliche Fettkörnchen. Grosse colloide Zellen sind noch häufiger als im Endstück (S. 265). Auch die Schleimhaut gleicht derjenigen im letzteren; ihre microscopischen Fältchen stehen weiter von einander, verlaufen meist der Länge nach, und anastomosiren netzförmig.

Die Muscularis hat dieselben Schichten; doch überwiegt die innere Längsmuskellage die beiden anderen zusammengenommen an Dicke, indem die mittlere Ring- und äussere Längsmuskellage sehr wenig entwickelt sind. Fort-

setzungen der letzteren überbrücken nicht nur den Zwischenraum zwischen dem linken und rechten Samenbläschen und die Excavatio recto-vesicalis, sondern auch die Vertiefungen zwischen den einzelnen Ausbuchtungen der Samenbläschen selbst.

Die Blutgefässe sind sparsam, — Lymphgefässe nicht näher bekannt; — die Nerven zeigen sich als zahlreich von unten her in die Muscularis eindringende Stämmchen blasser Fasern mit einzelnen doppeltcontourirten; sie führen beim Menschen in die bindegewebige Adventitia der Samenbläschen eingelagerte Ganglien; ihre Endigung ist nicht bekannt.

Der *Inhalt* der Vesiculae seminales ist eine eiweisshaltige, colloide, spontan, aber nicht durch Essigsäure, gerinnbare Flüssigkeit, wie sie im entleerten Samen sich findet; das Gerinnsel löst sich in Essigsäure. Ausserdem werden Samenfäden darin angetroffen, wenn eine Zeit lang keine Entfernung des Secrets stattgefunden hat.

Die **Ductus ejaculatorii** haben ebenfalls den Bau vom Endstück des Vas deferens; das Epithel ist cylindrisch, nahe ihrer Ausmündung jedoch geschichtetes Platten-Epithel wie in der Harnblase. Hier ist die *Schleimhaut* glatt, während sie im Uebrigen auch durch zahlreiche Einstülpungen derjenigen des Endstücks gleicht. Die *Muscularis* zeigt eine innere Längsschicht und eine circuläre, mit den Muskelfasern in der Umgebung der Vesicula prostatica verschmelzende äussere Lage. Nach der Ausmündung hin überwiegen bindegewebige und elastische Bestandtheile der Schleimhaut die glatten Muskelfasern. In der *Adventitia* liegen zahlreiche dichte Venenplexus im ganzen Verlauf dieser Gänge; bei der Entleerung der letzteren sich füllend vermögen sie wie ein cavernöses Gewebe das Lumen offen zu halten und die Ausstossung der dickflüssigen Samenmasse zu erleichtern. — Der *Samen, Sperma,* enthält ausser Samenfäden rundliche Leukoblasten, abgestossene Epithelialzellen der Ductus ejaculatorii und der Endstücke der Vasa deferentia, sowie bräunliche, glänzende Körnchen, die aus dem Zellenprotoplasma durch dessen Zerfall frei werden.

Langerhans (1874) erklärte die von ihm aufgefundenen grossen Epithelialzellen des Vas deferens (S. 265) und der Samenbläschen (S. 269) für männliche Primordialeier, Ovula masculina. In Wahrheit dürften sie durch Aufquellung und ihren Zerfall die Hauptbestandtheile des Secrets dieser Schleimhäute liefern.

Prostata.

Die Vorsteherdrüse, *Prostata,* zeigt glatte Muskelsubstanz, acinöse Drüsenläppchen und quergestreifte Muskelbündel.

Ihre Drüsenläppchen gleichen den Gl. urethrales (S. 269) in ihrem Bau und sind als stärker entwickelte Formen von solchen aufzufassen. Zwei grössere Ausführungsgänge münden rechts und links vom Colliculus seminalis; sie stehen mit zahlreichen Verzweigungen und durch diese mit mehreren Acini in Verbindung. Die übrigen Lobuli sind einfacher gebaut; die weiter nach vorn gelegenen zeichnen sich durch den gewundenen Verlauf ihrer Gänge und der Endäste der letzteren, sowie durch die geringe Anzahl der ansitzenden Drüsenbläschen aus. Das Epithel ist cylindrisch, dessen Zellenprotoplasma dunkelkörnig, gelblich oder bräunlich; die mehr rundlichen Kerne sitzen innerhalb der Acini der Zellenbasis näher. Zwischen den festsitzenden Enden von je zwei Zellen fügt sich eine rundliche oder kegelförmige Ersatzzelle ein. In den Ausführungsgängen kommen auch spindelförmige Ersatzzellen vor. Im centralen Theile des hinter der Urethra gelegenen Abschnitts ist die Drüsensubstanz, den beschriebenen grösseren Ausführungsgängen entsprechend, dichter zusammengeballt; mehr vereinzelt sitzen die Läppchen im oberen Theil des hinteren, sowie in dem vor der Harnröhre gelegenen Abschnitt.

Constant bei älteren Männern, sehr häufig auch bei jüngeren, kaum erwachsenen, enthalten manche Acini der Prostata concentrisch geschichtete, aus einem Eiweisskörper bestehende und mit Jod sich undeutlich violett färbende Niederschläge aus dem Drüsensecret: Prostata-Concretionen. Sie kommen auch in den homologen Gl. urethrales des Weibes vor. Nach Robin (Leçons sur les humeurs, 1874) werden sie im ejaculirten Samen angetroffen, dem mithin Prostata-Secret beigemischt sein muss. — Langerhans (1874) findet das Epithel wegen der beschriebenen Ersatzzellen zweischichtig.

Die Muskelsubstanz umgibt als concentrisch lamellös geschichtete peripherische Rinde, im Allgemeinen aus circulären Bündeln glatter Fasern bestehend, das ganze Organ. Der centrale Kern des hinteren Abschnittes ist ebenfalls von einem circulären Muskelmantel umgeben. Zwischen die Drüsenläppchen dringen von allen Seiten her in schrägem durchkreuzten Verlaufe Muskelzüge vor, welche zum Theil radiär vom Colliculus seminalis her divergirend schichtenweise geordnet sind und die einzelnen, zumeist abgeplattet kegelförmigen Drüsenläppchen sondern, selbst durch Bindegewebe getrennt und mit elastischen Fasern durchsetzt sind. Am wenigsten sind sie in jenem centralen Drüsenkern entwickelt; am compactesten im oberen Theil des hinteren und im ganzen vorderen Abschnitt; am lockersten und mit Bindegewebsbündeln untermischt, resp. durch bindegewebige Septa getrennt, treten sie im unteren Theile des hinteren Abschnittes auf. Die lateralen Parthien der Prostata verhalten sich entsprechend den correspondirenden Abschnitten des mittleren Lappens.

Die quergestreiften Bündel des hinteren Theiles des M. urethralis transversus s. M. sphincter vesicae externus laufen in transversaler Richtung durch den mittleren Theil des vorderen Abschnittes der Prostata, innig verwebt mit dessen glatter Musculatur; nach der Harnblase hin ziehen aufsteigende longitudinale glatte Bündel, die theilweise quergestreifte Fasern beigemischt enthalten. Weiter abwärts umfassen die Bündel des hinteren Theiles des M. urethralis transversus ringförmig und schärfer gesondert die Harnröhre auch an ihrer hinteren Peripherie.

Der **Colliculus seminalis** wird vom geschichteten Platten-Epithel der Pars prostatica mit überkleidet; an seinen Abhängen ist dasselbe bedeutend dicker; hier sitzen längliche kolbige Fältchen, welche auf dem Querschnitt microscopischen Papillen gleichen und auf der gewölbten Oberfläche des Colliculus fehlen. An den Abhängen des Samenhügels liegen zahlreiche kleine Gl. urethrales, accessorische prostatische Drüsen Henle, in die Harnröhrenschleimhaut, zum Theil auch in seine Substanz eingebettet.

Die Längsaxe des Colliculus wird von einem festeren Strange dichter elastischer Fasernetze eingenommen, der an dem gewölbten Centrum der Oberfläche sich kolbig verdickt: auf seinem senkrechten Querschnitt einem auf jenen medianen Strang aufgesetzten Knopfe gleichend. Nach hinten hängt dieser Strang mit musculösen Längsfaserzügen des Trigonum vesicae zusammen, nach vorn setzt sich derselbe allmälig verstreichend als schmale mediane Falte auf der unteren Wand der Pars membranacea urethrae fort. In den Lücken seiner elastischen Fasernetze ziehen sich longitudinale, mit der innersten Muskellage des Trigonum vesicae zusammenhängende Bündelchen glatter Muskelfasern hin. Die lateralwärts vom elastischen Axenstrang gelegenen Parthien des Colliculus werden von cavernösem Gewebe (S. Penis) ausgefüllt, in welchem hier und da die erwähnten Drüsenläppchen liegen.

Das Epithel der **Vesicula prostatica** ist geschichtetes Platten-Epithel, ihre Schleimhaut mit kleinen Papillen besetzt. Auf eine dünne bindegewebige Schicht, die kleine geschlängelte und verästelte Drüsen mit demselben Epithel enthält, folgt eine schräg sich durchkreuzende und dann eine circuläre mit der der Ductus ejaculatorii zusammenhängende Schicht.

In der Medianlinie verläuft an der unteren Fläche der Vesicula prostatica eine kleine mediane Arterie; in ihrer Umgebung sind Venenplexus vorhanden. An ihrer oberen Fläche erstreckt sich, ebenfalls in der Medianlinie, ein bis zu 3 Mm. breites Bündel glatter Muskelfasern, welches sich beiderseits an die medialen Flächen der Vesiculae seminales anheftet (Robin u. Cadiat, 1875, s. S. 272).

Das Drüsen-Epithel der Prostata ist bei älteren Individuen öfters pigmentirt; ebenfalls sind längliche Anhäufungen gelblicher Körnchen innerhalb der Muskelbündel häufig. — Durch das cavernöse Gewebe des Colliculus seminalis wird während der Erection die Harnröhre gegen die Blase abgeschlossen. — Die Drüsen der Vesicula prostatica sind homolog den Gl. uterinae des Weibes; die eigene Musculatur den Muskellagen des Uterus. — Vom geschlossenen Ende der Vesicula erstreckt sich öfters (Henle, 1863; Klein, 1870) ein cylindrisches Bündel glatter Muskelfasern durch das Gewebe der Prostata nach hinten und oben.

Die Blutgefässe der Prostata dringen in meist radiärer Richtung, den Muskelzügen folgend, in das Innere, umspinnen die Drüsenläppchen mit polygonalen Maschen. Diejenigen Venen, welche aus dem cavernösen Gewebe des Colliculus seminalis stammen, communiciren mit den Venen der Harnröhre. — Lymphgefässe sind nicht bekannt. — Die Nerven des Plexus prostaticus (Bd. II) führen Ganglia prostatica und einzelne Ganglienzellen in ihren Stämmchen; an der äusseren Oberfläche der Prostata auch Vater'sche Körperchen. Sie bestehen aus blassen kernführenden und doppeltcontourirten Fasern, folgen den grösseren Blutgefässen und anastomosiren; ihre Endigung ist unbekannt.

Das *Secret* der Prostata und Cowper'schen Drüsen gleicht der colloiden Flüssigkeit der Samenbläschen. Wahrscheinlich liefern das Endstück des Vas deferens, die Ductus ejaculatorii und die Vesicula prostatica analoge Beiträge zur Verdünnung des Samens.

Beim Pferd sind die Ganglien der Prostata zahlreich vorhanden (Leydig, 1850); sparsamer beim Maulwurf und der Maus (Leydig), beim Kaninchen (Leydig; W. Krause, 1868), Igel, Ratte, Meerschweinchen (Reinert, 1869); beim Pferd (Leydig) und Hund (Lovén, 1867), auch an der Pars membranacea urethrae und beim Hund am oberen Theil des Bulbus corp. cavernos. urethrae, sowie hinter demselben. Reinert (1869) sah beim Maulwurf in der Prostata ein Vater'sches Körperchen, und einen länglichen Endkolben im Bindegewebe des Colliculus seminalis bei der Katze.

Cowper'sche Drüsen.

Diese Drüsen haben mit Cylinder-Epithel ausgekleidete Ausführungsgänge, verästelte Drüsengänge und grosse rundliche, zu mehreren den letzteren ansitzende, ebenfalls mit cylindrischen Zellen versehene Acini. Ihre mehr rundlichen Zellenkerne sitzen der Wandung der Acini sehr nahe; letzterer liegen auch multipolare Zellen an. Die Zellen der Endäste des Ausführungsganges sind etwas niedriger und ihr Kern mehr central gelegen. Im Centrum der Drüse liegen weite Aeste des Ausführungsganges, die dichotomisch sich theilend und überkreuzend ein Gangwerk bilden, welches auf dem Durchschnitt wie ein System von Hohlräumen sich ausnimmt, wenn jene Aeste mit colloidem Secret gefüllt und erweitert sind. Die Räume zwischen den letzteren werden zum Theil von Bindegewebe und glatten Muskelfasern, zum Theil von weiten dünnwandigen Venen eingenommen. Die Umhüllung der Drüse besteht aus Bindegewebe, welches die zutretenden Blutgefässe führt; ausserdem aus einer medianen, 0,5—0,9 mächtigen, longitudinal zwischen den beiden Drüsen sich erstreckenden und ihre Ausführungsgänge als dünne Längsschicht begleitenden glatten Muskellage. — Lymphgefässe und Nerven sind nicht bekannt.

Kölliker (1852, 1867) schrieb den Ausführungsgängen Cylinder-, den Acini Platten-Epithel zu; Henle (1863) umgekekrt den Acini Platten-Epithel, den Drüsengängen Cylinder-Epithel; Langerhans (1874) den Acini Cylinder-, den Ausführungsgängen mehrschichtiges Platten-Epithel; Klein (1870) liess beide mit Cylinder-Epithel ausgekleidet sein. Stärkere Vergrösserungen entscheiden für letztere Angabe, sowohl an ganz frischen oder in 5%igem molybdänsauren Ammoniak macerirten Drüsen, als an solchen, die mit H. Müller'scher Flüssigkeit und Alkohol gehärtet und von denen Schnitte successive mit Carmin, Essigsäure, Alkohol, Nelkenöl und Canadabalsam behandelt wurden.

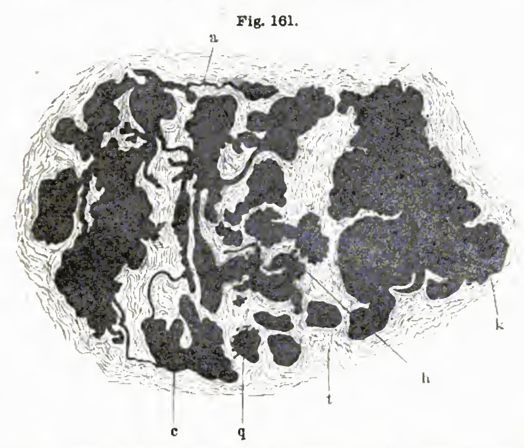
Penis.

Der Penis besteht aus zwei Corpora cavernosa penis, dem Corpus cavernosum urethrae, Fascia und allgemeinen Hautbedeckungen.

Die **Corpora cavernosa penis,** Schwellkörper der Ruthe, werden von einer Tunica albuginea (Fig. 161 *a*) umgeben. Sie besteht aus Bindegewebe, das eine analog den Sehnen gebaute äussere Längsfaser- und innere Ringfaserschicht bildet, wozu hier und da noch innerste Längsbündel kommen. Nur die innere Oberfläche ist mit zahlreicheren elastischen Fasern und longitudinalen glatten Muskeln ausgestattet. Stärkere Fortsetzungen der Albuginea dringen am vorderen Ende der Corpora cavernosa in der Richtung vom Corpus cavernosum urethrae her in die ersteren ein; im übrigen hängt

sie mit den Trabekeln zusammen, die nebst Blutgefässen und Hohlräumen den wesentlichen Bestandtheil des cavernösen Gewebes, Schwellgewebes, ausmachen. Wo immer das letztere in männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen vorkommt, ist es im Wesentlichen gleichgebaut.

Fig. 161.



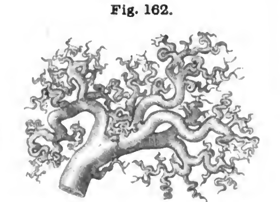
Querschnitt aus dem Corpus cavernosum penis vom Meerschweinchen, von der Aorta aus mit kaltflüssigem Berlinerblau unter constantem Druck injicirt. Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 200/90. *a* Grenze gegen die Tunica albuginea mit feinen Gefässen. *k* injicirte cavernöse Hohlräume. *h* A. helicina mit dem Ursprung von Capillargefässen und kleinen kolbigen Anhängen. *t* muskulöse Trabekeln. *q* Querschnitt einer A. helicina mit blinden Anhängen. *c* Einmündung eines Capillargefässes in einen cavernösen Hohlraum.

Die *Trabekeln* (Fig. 161 *t*) sind anastomosirende Balken, aus festem Bindegewebe mit glatten Muskelfasern und sparsamen elastischen Fasern gebildet. Sie stellen ein continuirliches, durch das ganze Corpus cavernosum zusammenhängendes Netzwerk dar, zwischen welchem die Blut-führenden cavernösen Hohlräume bleiben. Die stärkeren Balken enthalten mehr glatte Muskelfasern, theils in der Axe oder in ihrer Peripherie, theils der letzteren aussen angelagert und nach der Längsrichtung folgend; sie sind von Venen-Endothel bekleidet. In den feinsten Balken fehlt glattes Muskelgewebe ganz und eine Endothelbekleidung ist noch nicht nachgewiesen. Die Form der Hohlräume richtet sich nach dem Füllungszustande der Corpora cavernosa: in der Ruhe bilden sie spitzwinklige enge Spalten und auf dem Querschnitt sternförmige Figuren; im erigirten Zustande sind sie länglich polyedrisch, colossal erweitert, mit ihrer Längsrichtung der Längsaxe des Penis parallel. Injicirt sind sie grösser und rundlicher im centralen Theil resp. der Längsaxe der Corpp. cavernosa; nach der Peripherie nehmen sie an Grösse ab und bilden am äussersten Umfange feine längliche Spalten, womit die Anordnung der Blutgefässe in Beziehung steht.

Blutgefässe. Die *Arterien*, Aeste der Aa. profundae penis, welche letzteren von einer Anzahl paralleler, mit ihrer Ringmuscularis zusammenhängender glatter Muskelbündel begleitet werden, zeichnen sich aus durch

ihren im Ruhezustande oder unvollständig injicirten Zustande (Fig. 162) auffallend geschlängelten Verlauf, gleichzeitiges Abgehen vieler Zweige von einem stärkeren Ast und Uebergang in einzelne Capillaren, nicht in ein Capillarnetz. Letzteres fehlt in den Corpora cavernosa grösstentheils: einzelne Capillaren durchziehen die Trabekeln und verbinden sich mit denen benachbarter Trabekeln; andere umflechten als Vasa vasorum die Wandung namentlich stärkerer Arterien innerhalb der Trabekeln; endlich ist ein *feineres,* aus Capillaren und kleineren cavernösen Hohlräumen gebildetes *Rindennetz* (Fig. 161 bei *a*) an der Peripherie der Corpora cavernosa vorhanden. — Die Arterien selbst laufen geschlängelt innerhalb, und meist in der Axe der Trabekeln, ohne dass jedoch in jedem Trabekel ein Blutgefäss vorhanden wäre; sie senken sich mittelst ihrer Capillaren (Fig. 161 *c*) direct in die cavernösen Hohlräume, welche letzteren zugleich Venen-Anfänge darstellen. Die Einmündungsstellen sind meist trichterförmig, seltener eine feine gerade oder dreischenklige Spalte oder ein rundliches Loch; die meisten finden sich in der Peripherie der Corpora cavernosa und bilden ein *gröberes Rindennetz;* andere gehen direct in grössere Venenräume über, die in der Axe der Corpp. cavernosa gelegen sind.

Fig. 162.



Verzweigung eines Astes der A. profunda penis mit Zinnober und Cacaobutter injicirt, getrocknet. V. 12. Capillare Spitzen an den Enden der Zweige.

Einige namentlich an der Wurzel des Penis vorkommende Arterien, *Aa. helicinae*, Rankenarterien, heben sich hervor durch ihre umgebogenen, kolbigen, mit einer Weinrebenranke vergleichbaren Enden (Fig. 161 *h*). Von diesen Enden gehen entweder Capillargefässe aus, oder sie endigen anscheinend blind, setzen sich in einen bindegewebigen Strang fort, der sich als Capillargefäss nicht mit Sicherheit erkennen lässt. Meist sind kurze kolbige, blinde Anhänge, sowohl auf dem Längsschnitt, als dem Querschnitt (Fig. 161 *g*) der Aa. helicinae sichtbar; sie werden in manchen Fällen von der Intima der Arterie ausgekleidet und verschwinden dann bei stärkeren Füllungsgraden.

Die *Venen* entstehen meist direct aus den cavernösen Hohlräumen, die als erweiterte venöse Ausbuchtungen aufzufassen sind. Zum kleineren Theil entspringen sie dem beschriebenen feinen Capillarnetz, welches sich in der nächsten Nachbarschaft der Tunica albuginea verbreitet und ferner als Vasa vasorum die grösseren arteriellen Aestchen in stärkeren Trabekeln umspinnt. Die grösseren Venen verlassen als Vv. emissariae, welche das Blut aus dem tieferen Rindennetz aufnehmen und in die V. dorsalis penis führen, die Corpp. cavernosa durch die Tunica albuginea hindurch; sie werden comprimirt, wenn jenes Netz bei der Erection sich stärker füllt, und wird so der venöse Abfluss vermindert. Noch mehr ist dies der Fall bei den aus dem Axentheile der Corpp. cavernosa stammenden Vv. emissariae und den Aesten der Vv. profundae.

Die Nerven bestehen aus dünnen Stämmchen blasser kernführender Fasern; sie verlaufen und vertheilen sich in den Trabekeln, die stärkeren Arterien begleitend, und dürften theils an den letzteren, theils an den Muskelfasern der Trabekeln endigen.

Corpus cavernosum urethrae. Die Tunica albuginea ist dünner, enthält sehr zahlreiche feine elastische Fasernetze, auch glatte Muskelfasern: ihre Bindegewebszüge verlaufen meist ringförmig. Das cavernöse Gewebe

verhält sich wie in den Corpp. cavernosa penis; die Trabekeln sind jedoch ärmer an glatten Muskelfasern, mit zahlreicheren Capillargefässen durchsetzt; Muskelbündel begleiten vorzugsweise die Arterien und inseriren sich in deren Ringfaserschicht. Die cavernösen Räume sind polyedrisch ohne vorwiegende Längendimension mit Ausnahme der zwischen Harnröhre und Tunica albuginea gelegenen Parthie des Schaftes, woselbst die longitudinale Richtung überwiegt. In der Medianebene des Bulbus ist ein bindegewebiges, mit elastischen und glatten Muskelfasern ausgestattetes Septum vorhanden. Auch enthält das Innere der Glans penis sehr zahlreiche capillare Maschenwerke, wie das feinere Rindennetz (S. 274).

Die *Arterien* sind nicht so stark gewunden; sie werden im Innern der Eichel von *venösen Plexus* begleitet, und stärkere dergleichen finden sich an der Rückenfläche des Corp. cavernosum urethrae, sowie an dem vorderen Theile der V. dorsalis penis, in welche die letzteren ihr Blut ergiessen. — Die Venen des Plexus pudendus bis zur Blase zeichnen sich durch an ihrer Innenfläche hervortretende Längszüge glatter Muskelfasern aus.

Gegen die vorderen Enden der Corpp. cavernosa penis ist das cavernöse Gewebe der Eichel durch deren Tunica albuginea abgeschlossen. Verdickungen der letzteren heften die beiden letzteren Schwellkörper in der Gegend des hinteren Randes der Glans an ihren unteren und ebenso auch mit ihren oberen medialen Kanten an einander. Weiter nach vorn hört die erstere und dann auch die letztere Verdickung auf, indem sie in ein medianes Septum der Glans übergeht, das den vor der Urethra gelegenen Abschnitt der Eichel in zwei Hälften theilt und in zahlreiche, stärkere, mehr radiär gestellte Fächer ausstrahlt, die nach allen Seiten hin das cavernöse Gewebe der Glans durchsetzen. Sowohl das Septum als seine Ausstrahlungen führen glatte Muskelfasern. Ausserdem wird diejenige innere Parthie der Pars cavernosa urethrae, welche in der Glans die Harnröhre hohlcylinderförmig umgibt, durch eine ebenfalls hohlcylindrische bindegewebige Scheidewand von dem übrigen äusseren Theile desselben Corpus cavernosum geschieden, und diese letztere setzt sich nach oben in das erwähnte Septum, nach unten in eine zartere Bindegewebslamelle fort, die sich mit dem Ansatze des Frenulum praeputii an die Glans verbindet. — Communicationen der cavernösen Hohlräume der beiden Schwellkörper des Penis einerseits und der Urethra andererseits unter einander scheinen nur zwischen den ersteren stattzufinden, obgleich diejenigen des Penis noch durch die an einander stossenden Tunicae albugineae jedes Corpus cavernosum penis gesondert werden, deren beiderseitige hintere Abschnitte eine Strecke weit zusammenhängen.

Die Aa. helicinae entdeckte J. Müller (1835), ihre Fortsetzungen in feine Ausläufer und deren Einmündung in die cavernösen Hohlräume Valentin (1838), ihre kleinen kolbigen Anhänge Henle (1863). Injectionen mit transparenten Massen (Fig. 161) beseitigen die gegen ihre Existenz vielfach erhobenen Einwendungen. Obgleich sie auch in anderen erectilen Organen (Kamm des Truthahns etc.) gesehen worden sind, zeigt doch schon ihre Seltenheit, dass sie beim Zustandekommen der Erection nicht wesentlich betheiligt. Die Vorgänge bei der letzteren sind ausserordentlich verwickelt und der Mechanismus kein so einfacher, wie in älteren Erklärungsversuchen vorausgesetzt wurde. Es müssen nämlich drei Bedingungen erfüllt sein: Beschleunigung des zufliessenden, absolute Beschleunigung, aber relative (im Verhältniss zum Zufluss) Hemmung des abfliessenden Blutstromes und Ausdehnbarkeit der Wandungen der cavernösen Hohlräume (Lovén, 1867).

Die Theorie von C. Krause (in Stieglitz, Pathol. Untersuchungen, 1831. S. 188) hielt dauernde Compression der V. dorsalis penis durch die Mm. ischiocavernosi für wesentlich. Kölliker (1851) nahm Erschlaffung der glatten Muskelfasern der Trabekeln an; Henle (1863) Letzteres und ausserdem Compression der V. dorsalis durch den M. perinaei profundus; Stilling (1870) Contraction der die Arterien begleitenden Muskelfaserbündel, wodurch die Widerstände vermindert werden. Eckhard (1867) schrieb den kolbigen Enden der Aa. helicinae (Fig. 161) beim Pferde feine spaltförmige Oeffnungen zu, die sich durch Contraction der Längsmuskelfasern erweitern und mehr Blut in die cavernösen Hohlräume einströmen lassen.

Kälte und directe elektrische Reizung machen alle glatten Muskeln des Penis sich zusammenziehen; Durchschneidung des N. pudendus resp. dorsalis penis bedingt unvollständige Erection, ebenso Reizung des Plexus cavernosus (Nn. erigentes beim Hunde, Eckhard, 1863). Bei letzterem Experiment wird der Blutstrom im Penis beschleunigt; damit vollständige Füllung eintrete, muss die V. dorsalis comprimirt werden (Lovén); ebenfalls muss die comprimirende Wirkung der Mm. ischiocavernosi behuf künstlicher vollständiger Injection durch eine um die Peniswurzel gelegte Schlinge nachgeahmt werden (C. Krause). Nach allen diesen Thatsachen existirt wahrscheinlich ein antagonistisches Verhältniss zwischen den genannten Nerven: die Fasern des Plexus cavernosus bringen gereizt die glatten Muskelfasern an den venösen Hohlräumen der Corpp. cavernosa zur Contraction (auch die an der Innenwand der Venenstämme (s. oben) des Plexus pudendus, Langer, 1863), welche dann, stellen-

weise Einschnürung bewirkend, resp. als unvollständige Klappen den Abfluss relativ verlangsamen; Reizung der Fasern des N. dorsalis bedingt umgekehrt Erschlaffung der arteriellen Gefässwandungen, wobei die kleinen Arterien aus dem gewundenen in einen gestreckten Verlauf übergehen und die Widerstände abnehmen: der arterielle Zufluss wird vermehrt. Damit die Erection ganz vollständig werde, ist tonische Contraction der Mm. ischio-cavernosi erforderlich; möglicherweise tritt nebenbei eine solche im M. perinaei profundus auf. Rouget (1868) schreibt die Lähmung der Arterienwände Ganglienzellen-führenden Nervenfasern und umgekehrt die Compression der venösen Räume Zellen-freien Fasern der Nn. erigentes zu, was unbewiesen ist. — Bei manchen Säugethieren: Raubthieren, Nagern, Affen etc. ist ein medianer cylindrischer oder platter Penisknochen resp. Clitorisknochen vorhanden; die Widerhaken an der Corona glandis des Katers sind verhornte Epidermisüberzüge von Papillengruppen und analog der Decke von fadenförmigen Zungenpapillen (S. 186).

Das Lig. suspensorium penis besteht aus Bindegewebe mit stärkeren elastischen Fasern; die Fascia penis verwächst nach innen mit den Tunicae albugineae, nach aussen mit dem subcutanen Bindegewebe. Sie enthält feinere elastische Fasern, keine Fettzellen und namentlich am hinteren Theile und an der unteren Fläche des Penis anastomosirende Längszüge glatter Muskelfasern, die mit der Tunica dartos (S. 268) zusammenhängen, sich mit elastischen Sehnen an die Haut des Penis inseriren und bis in das Praeputium, sowie auch in das Frenulum hineinreichen. Festere Faserzüge verbinden in der Medianlinie die Haut des Penis mit dem Corpus cavernosum urethrae.

Die **Haut des Penis** ist haar- und fettlos; ihre Talgdrüsen sind am vorderen Theile grösser und stärker verästelt. Im inneren Blatte des Praeputium sind solche zahlreicher als im äusseren vorhanden: *Gl. praeputiales* s. Tysonianae (C. Krause, 2. Aufl. 1842), die jedoch öfters sehr sparsam sind oder ganz fehlen; sie sind 0,3—0,7 gross, mit Acini von 0,03—0,05 Durchmesser und 0,3 langem Ausführungsgange. Ausserdem besitzen das innere Blatt, sowie das *Frenulum*, Papillen, aber keine Schweissdrüsen. — Das abgesonderte Secret bildet zusammen mit vielen abgestossenen Epidermiszellen das *Smegma praeputii*, in welchem Fetttröpfchen und Fettkörnchen enthalten sind. — Die Oberfläche der Glans ist mit dünner, bei brünetten Individuen ebenso wie die des inneren Blattes vom Praeputium öfters Pigmenthäufchen unter ihrer Oberfläche führender Cutis überzogen, die unmittelbar mit der Tunica albuginea des Corpus cavernosum urethrae zusammenhängt; ihre Epidermiszellen sind im Rete mucosum Riffzellen, in der tiefsten Lage cylindrisch. Ihre Papillen finden sich in Gruppen entwickelt, oder stehen auf Längswällen, die nach der Corona glandis hin convergiren. Erstere sind manchmal zusammengesetzte; jede Papille resp. Papillenspitze enthält eine, oft spiralig torquirte Gefässschlinge, welche direct mit dem Capillarnetz des Schwellkörpers communicirt, dessen Gefässe im Ruhezustande ebenfalls stark gewunden verlaufen. An der Corona sitzen auch einzelne kleinere, mehr einfache, mit einem oder wenigen Acini besetzte Schläuche darstellende Talgdrüsen; selten sind sie zahlreicher und weiter nach vorn auf der Eichel reichend vorhanden.

Lymphgefässe finden sich in der Haut des Penis, der Eichel und dem Praeputium als engmaschige Capillarnetze. Zahlreicher sind sie an der Oberfläche der Glans; dicker, aber weitmaschiger im Praeputium. Sie sollen auch die Glans im Innern durchziehen.

Ueber die Nerven des Penis, soweit sie nicht schon erwähnt wurden (S. 274), s. Nervensystem.

Zahlreiche Lymphfollikel finden sich constant im inneren Blatte des Praeputium beim Hund, Schaf und Schwein (W. Krause, 1867). — Ueber die Ganglien der Aeste des Plexus cavernosus beim Hund s. S. 272.

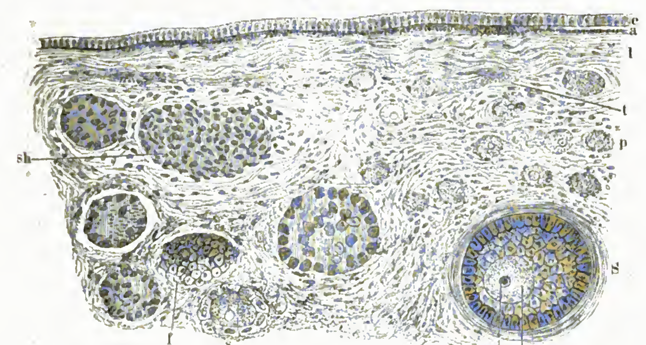
Weibliche Geschlechtsorgane.

Eierstöcke.

Der Eierstock, Ovarium, besteht aus einem Epithel-Ueberzuge, einer Rinden- und Marksubstanz.

Das Epithel, *Ovarial-Epithel,* Keim-Epithel (S. 253), wird von niedrigen Cylinderzellen in einfacher Lage gebildet und grenzt sich an den Rändern des Ovarium scharf gegen das Peritoneal-Endothel ab. Nur wenige Zellen an der Grenzlinie sind niedriger als die übrigen und bilden so den Uebergang zum Endothel. Jede enthält einen eiförmigen, senkrecht zur Ovarial-Oberfläche gestellten und dieser selbst näher gelegenen Kern, sowie dunkelrandige stärker lichtbrechende Körnchen im peripherischen Theil der Zelle. Das Epithel sitzt auf einer bindegewebigen Unterlage, der mit dem Stroma der Ovarialrinde continuirlich zusammenhängenden Tunica albuginea (Fig. 163). Letztere

Fig. 163.



Ovarium eines dreijährigen Mädchens auf dem sagittalen Querdurchschnitt. H. Müller'sche Flüssigkeit, Alkohol; Carmin, Chlorwasserstoffsäure, Alkohol, Nelkenöl. Canadabalsam. V. 400/110. *c* Ovarial-Epithel. *a* Albuginea, deren oberflächlichste dünne Lage, sowie die dritte *t*, auf dem Querschnitt getroffen sind, während die zweite Lage *l* längsstreifig erscheint. *p* Primärfollikel, deren Epithelkerne und Eier nur theilweise sichtbar. *sh* Schlauch. *s* Secundärfollikel mit Ei und *k* Keimbläschen. *S* älterer Secundärfollikel mit fasriger Hülle nebst Ei auf dem optischen Durchschnitt, worin das Keimbläschen *v*, der Keimfleck *m*, mit dem Keimkorn in seinem Centrum sichtbar. *f* Flächenansicht eines Follikels resp. seines Epithels.

zeigt gewöhnlich drei ungefähr gleich dicke Lamellen: jede aus straffen kurzfasrigen Bindegewebsbündeln mit zahlreichen Inoblastenkernen gebildet; die Fasern der äusseren und innersten Lage verlaufen der Oberfläche concentrisch und hauptsächlich quer auf die Längsrichtung des Ovarium, die der mittleren auch concentrisch, aber parallel dem Längsdurchmesser; übrigens sind alle

Faserbündel ein wenig schräg zu ihrer Hauptrichtung geordnet und spiralig verlaufend. Die innerste Lage hängt mit cylindrischen, mannigfaltig sich durchkreuzenden Bindegewebsbündeln zusammen, welche in das Stroma der Rindensubstanz übergehen.

Das Stroma der **Rindensubstanz** besteht aus kurzen spindelförmigen Inoblasten mit zwei, seltener drei feinen bindegewebigen, auch sich theilenden Fortsätzen als Ausläufern von ihren Polen. Dazwischen liegen solche von mehr rundlicher Form mit Ausläufern, andere ohne solche; ferner längere Bindegewebsfaserzüge und elastische Fasern in Begleitung der Gefässe. Die Kerne jener spindelförmigen Inoblasten sind mehr oder weniger langgezogen ellipsoidisch, aber nicht quer abgestutzt an ihren Polen, und nicht stäbchenförmig, mit einem glänzenden Kernkörperchen; die Kerne der mehr rundlichen Zellen erscheinen nahezu kuglig, von nur wenig Zellenprotoplasma umgeben und granulirt. Durch Behandlung mit Salpetersäure werden die Ausläufer undeutlich, brüchig, die Faserung bleibt anfangs erhalten.

Bei Tinction des Stroma mit Chlorpalladium, Pikrinsäure, Anilinroth bleibt die Substanz jener Inoblasten im Gegensatz zu glatten Muskelfasern ungefärbt. Uebrigens kommen zwischen den rundlichen und spindelförmigen Inoblasten Uebergangsformen vor: auch haben die längeren unter den letzteren längere Kerne.

In diesem Rindenstroma liegt eine sehr grosse Anzahl Eifollikel, Eierstockfollikel, Eisäckchen, Eikapseln. Nach der äusseren Oberfläche des Ovarium sind sie sparsamer, dann folgt ein dicht gedrängtes Follikel-reiches Stratum, die Follikel-haltige Schicht. Untermischt mit den gewöhnlichen microscopischen Eifollikeln, die theils als Primärfollikel, theils als Secundärfollikel unterschieden werden können, liegen einzelne grössere, mit freiem Auge sichtbare Secundärfollikel: Graaf'sche Follikel, zwischen den übrigen eingebettet.

Die Primärfollikel, Primordialfollikel, kleinste, microscopische Follikel (Fig. 163 *p*), von 0,03 Durchmesser, haben einen einfacheren Bau, als die secundären. Sie zeigen sich von kugliger Form, vom Ovarial-Stroma ohne nachweisbare Grenzmembran umschlossen und tragen an ihrer Innenfläche Epithel. Letzteres besteht aus einer einfachen Lage cylindrischer Zellen, die jede einen ellipsoidischen Kern mit Kernkörperchen enthalten. Das Lumen des Primärfollikels wird von sehr wenig Flüssigkeit und einer etwas excentrisch gelegenen, 0,025 messenden, kugligen Zelle, dem *Primärei*, eingenommen. Selten sind einige Primärfollikel zu kleinen Gruppen von drei bis sechs oder in analogen kurzen Reihen geordnet. Die einander zugekehrten convexen Endflächen der Follikel werden im letzteren Falle als Follikelpole bezeichnet.

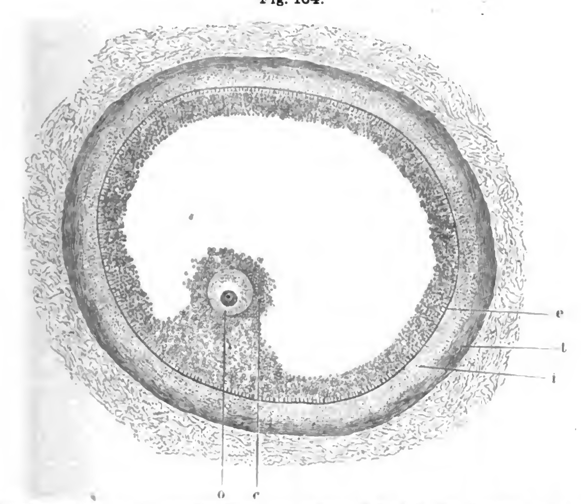
Die Secundärfollikel, vollständigen Follikel, unterscheiden sich von den primären einerseits durch ihre beträchtlichere Grösse. Die grössten, mit freiem Auge sichtbaren derselben: die *Graaf'schen Follikel, Folliculi Graafiani*, übertreffen die Primärfollikel an Grösse in Maximo um das Vierhundertfache: zwischen ihnen und den letzteren finden sich continuirliche Uebergänge, die in ihrem Bau, wenn auch weniger entwickelt, sich den Graaf'schen anschliessen.

Die Secundärfollikel (Fig. 163 *S*) enthalten auch jeder ein Ei, das aber grösser, und wie die Follikel selbst, um so mehr entwickelt ist, je mehr es sich der Reife nähert. Dasselbe befindet sich meist in dem von der Oberfläche des Ovarium entfernteren Ovarialabschnitt. — Andererseits unterscheiden sich Primär- und Secundärfollikel durch bei den letzteren auftretende, accessorische, zum Theil als Wucherungen des Follikel-Epithels aufzufassende Bildungen. Die Secundärfollikel selbst bestehen aus einer Hülle und deren Innenfläche

angelagertem Follikel-Epithel, Stratum granulosum, Granulosazellen; ausserdem führen sie den *Liquor folliculi:* eine Eiweiss- resp. Paralbumin-haltige Flüssigkeit in desto grösserer Menge, je mehr sie sich der Reife nähern. Das Epithel ist in den kleinsten Secundärfollikeln wie in den Primärfollikeln beschaffen, in etwas grösseren cylindrisch; wenn erstere bedeutendere Durchmesser haben, zeigt es sich im grössten Theil der Hohlkugel mehrschichtig, aus polyedrischen granulirten Zellen mit kugligen Kernen bestehend, während die der Wand zunächst ansitzenden Zellen cylindrisch und wie die der Ovarial-Oberfläche beschaffen sind. An einer Stelle verdickt es sich zu einem hügelförmigen, an seinen Rändern sanft abfallenden, aus mehreren Zellenlagen gebildeten *Keimhügel, Cumulus oophorus* s. ovigerus, Keimscheibe, Discus proligerus (Fig. 164 *c*), in welchem Zellenhaufen das Eichen steckt.

An den grösseren Secundär- und namentlich an den Graaf'schen Follikeln ist eine besondere bindegewebige, ihrerseits aus zwei Schichten bestehende Hülle: *Theca folliculi* s. Tunica folliculi s. Tunica fibrosa zu unterscheiden. Die äussere Schicht, *Tunica externa* s. Theca folliculi s. Tunica fibrosa (Fig. 164 *t*), ist mit dem Rindenstroma continuirlich verbunden; sie besteht

Fig. 164.



Graaf'scher Follikel von 1 Mm. Durchmesser aus dem Ovarium eines 18jährigen Mädchens. H. Müller'sche Flüssigkeit, Carmin, Essigsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 300/60. *e* Follikel-Epithel, dessen äusserste Zellenschicht aus radiär gestellten Cylindern besteht. *t* Tunica externa. *i* Tunica interna. *o* Ovulum mit Keimbläschen und Keimfleck; der peripherische Theil des Eichens enthält Dotterkügelchen. *c* Zellen des Cumulus oophorus.

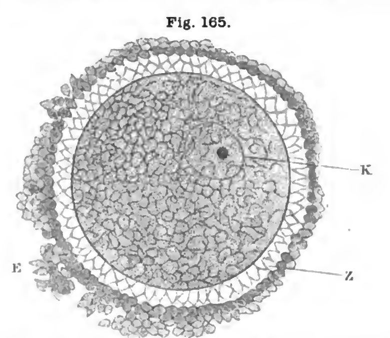
aus fasrigem Bindegewebe. Die innere Schicht, *Tunica interna* s. Tunica folliculi s. Tunica propria (Fig. 164 *i*), zeigt sich als eine gefässreiche, ohne Grenzsaum an's Epithel sich anschliessende Bindegewebshülle und ist mit vielen

Leukoblasten durchsetzt. Bei älteren Follikeln wird ihr durch stärkere Blutgefässe vermittelter Zusammenhang mit der Tunica externa lockerer und sie selbst nebst dem Follikelinhalt leicht ausschälbar.

Slavjansky (1874) glaubt durch Versilberung die Existenz einer aus Endothelien zusammengesetzten Basalmembran, auf welcher das Follikel-Epithel aufsitzt, nachgewiesen zu haben.

Das reife **Ei, Ovulum humanum**, ist ein kugelförmiges Bläschen von 0,1—0,3 Durchmesser. Seine Begrenzung bildet eine 0,014—0,028—0,04 dicke, radiär gestreifte, helle, glänzende Membran, *Membrana* s. *Zona pellucida*, Oolemma pellucidum, Membrana vitellina, Dotterhaut, Chorion des Eierstocksei's. Dieselbe ist fest, sehr vollkommen elastisch, gegen Säuren oder Alkalien resistent, durchscheinend (Fig. 165 *Z*) und wenigstens bei Säugethieren in ihrer Dicke radiär gestreift, welche Zeichnung als optischer Ausdruck einer Zusammensetzung aus feinen Stäbchen zu deuten ist. Ohne eine besondere Umhüllungsmembran zu besitzen, schliesst sich zweitens an die Innenfläche der Membrana pellucida unmittelbar das **Protoplasma** der Eizelle oder der **Dotter**: es enthält feinere und grössere, stärker lichtbrechende, eiweissartige, resp. aus Protagon bestehende Körnchen, von denen die ersteren häufig wie kranzförmig die letzteren, die *Dotterkügelchen*, umringen; ausserdem sparsame Fettkörnchen. Letztere sind öfters zu einer an ihrem Boden verdickten, halbkugelförmigen Schale in einigem Abstande um das Keimbläschen geordnet: sie schwärzen sich durch Osmiumsäure. Der das Keimbläschen zunächst umgebende innere Theil des Dotters erscheint heller. Drittens besitzt nämlich das Ei einen etwas excentrisch gelegenen grossen Zellenkern: das *Keimbläschen* (Fig. 163 *v*, Fig. 164, Fig. 165 *K*), Vesicula germinativa, Purkinje'sches Bläschen, von 0,028—0,04 Durchmesser: es wird von einer umschliessenden, bei stärkster Vergrösserung doppeltcontourirten Kernmembran gebildet, enthält im Innern eiweisshaltige Flüssigkeit und viertens ein oder zwei Kernkörperchen, *Keimfleck* (Fig. 163 *m*, Fig. 164, Fig. 165), Macula germinativa, R. Wagner'scher Keimfleck, von 0,007 Durchmesser. Endlich fünftens ist im Centrum jedes Keimflecks oder etwas excentrisch gelegen ein (mitunter auch zwei) wenigstens an Eiern aus kleineren Secundärfollikeln wahrnehmbarer, noch viel kleinerer Nucleolulus von etwa 0,0023 Durchmesser: das *Keimkorn*, Schrön'sches Korn, vorhanden (Fig. 163 *S*). Dasselbe bleibt mit Carmin ungefärbt, während der Keimfleck intensiv, das Keimbläschen weniger intensiv sich färben.

Fig. 165.



Ei aus einem reifen Follikel des Ovarium vom Kaninchen. Chromsäure, V. 600/300. *E* Zellen des Cumulus oophorus, kranzförmig geordnet. *Z* Zona s. Membrana pellucida. *K* Keimbläschen mit dem Keimfleck. Die Dotterkügelchen schimmern durch die auf der Oberfläche liegenden Zellen des Cumulus oophorus hindurch.

Die nach ihm benannten Follikel entdeckte Graaf (1672), das Säugethier- und reife menschliche Ei v. Baer (1827), das Keimbläschen des Vogelei's Purkyně (1825), das des Säugethierei's Coste (1834), den Keimfleck R. Wagner (1835), das Keimkorn Barry (1839), Steinlin (1817), Schrön (1863 bei der Katze und dem Kaninchen); letzteres wird auch als eine Vacuole gedeutet. Es scheint nur an Eiern aus secundären Follikeln *(Secundäreiern)* sichtbar zu sein. Bei vielen Wirbellosen, z. B. Ascaris nigrovenosa, ist es constant (Waldeyer, 1870) einfach oder mehrfach vorhanden. Beim dreijährigen Kinde misst es in Primäreiern von 0,015 Durchmesser nur 0,0007. In Alkohol und Glycerin bleibt es erhalten, durch 5%iges phosphorsaures Natron wird es deutlicher (Schrön). Wie das Keimbläschen liegen auch Keimfleck und Keimkorn gewöhnlich etwas excentrisch. — Der Keimfleck kann amöboide Bewegungen darbieten (S. 13), die auch Eimer (1875) in Eiern von Welsen und Karpfen constatirte. Das Keimbläschen verschwindet gleich nach der Befruchtung des Ei's, die Beziehungen der genannten Formelemente seines Innern zum Aufbau des Embryo sind unbekannt. — In einigen Eiern werden zwei Keimbläschen beobachtet; es kommen zwei oder selbst drei (Schrön, bei der Katze) Eier in demselben Cumulus oophorus vor. — Die Zona pellucida hat an den Eiern mancher Wirbellosen, namentlich Insecten, sowie der Fische eine eigenthümlich gebaute, den Eintritt der Samenfäden in das Ei vermittelnde Oeffnung, *Micropyle*, welche Pflüger (1863) auch für das Säugethier (Katze) vermuthet.

Die **Marksubstanz** besteht aus fasrigem Bindegewebe, das in stärkeren Längszügen die grösseren Blutgefässe, bei den Arterien mit glatten Muskel-

fasern untermischt, begleitet; mit feineren Bälkchen die zwischen ersteren bleibenden Zwischenräume durchzieht. Die Bündel werden von elastischen Fasern umsponnen, besitzen an ihrer Oberfläche Inoblastenkerne resp. spindelförmige Inoblasten, die viel weniger zahlreich sind als in der Rinde; ausserdem in ihren Maschen hier und da Reste von Graaf'schen Follikeln (S. 283). Die glatten Muskelbündel im Hilus hängen mit denjenigen der Ligg. ovarii und uteri lata zusammen.

Blutgefässe. Die vorderen und hinteren Hälften der Marksubstanz gehen an ihrem oberen Rande bogenförmig in einander über; ihr Zwischenraum wird von einer nach oben zugeschärft oder getheilt endigenden, aus lockerem Bindegewebe bestehenden, axialen Platte des Ovarium ausgefüllt, welche beide Hälften verbindet. Durch dieses Bindegewebe verlaufen die stärkeren Blutgefässe, vom Hilus ovarii her in das Organ eintretend.

Die *Arterien* gehen in den Hilus ovarii, erstrecken sich gewunden im lockeren Bindegewebe der axialen Platte; ihre Aeste dringen in die Marksubstanz, behalten hier wie an ihren feineren Verzweigungen in der Rinde, deren Verlauf meist senkrecht zur Oberfläche gerichtet ist, ihre korkzieherförmigen Spiralwindungen bei. Ihre Adventitia hängt in der Rinde continuirlich mit dem Ovarialstroma zusammen. — Die *Venen* bilden im Hilus ein aus weiten ausgebuchteten communicirenden Stämmchen zusammengesetztes Geflecht; ihre Aeste begleiten die arteriellen Zweige und sind von relativ beträchtlichem Kaliber. — Die *Capillaren* durchziehen das Bindegewebe der Rindensubstanz, ohne mit den Primär- und kleineren Secundärfollikeln in nähere Beziehung zu treten: in der Zone der primären Follikel steigen sie senkrecht gegen die freie Oberfläche auf, während sie in der Albuginea, sowie der benachbarten Zone äusserst sparsam sind und meist der Oberfläche parallel verlaufen. Dagegen ist in der Tunica interna der grösseren Secundär- resp. Graaf'schen Follikel ein reichhaltiges, aus polygonalen Maschen geflochtenes und wesentlich nach Art einer Kugelschale ausgebreitetes Capillarnetz vorhanden, das sich in H. Müller'scher Flüssigkeit bei natürlicher Injection vortrefflich erhält. Die zutretenden arteriellen und venösen Capillaren durchsetzen in schräger Richtung das lockere Bindegewebe, welches Tunica externa und interna verbindet, sie liegen grösstentheils an der von der Oberfläche des Ovarium abgewendeten Hälfte des Follikels. Auch ist am Hilus ovarii eine schmale, von Follikeln freie und noch vom Peritoneum überzogene Randparthie vorhanden, in welcher eine reichliche Capillargefäss-Verzweigung stattfindet.

Die Lymphgefässstämmchen treten ebenfalls durch den Hilus ein; ihre capillären Aeste sind zahlreicher, netzförmig angeordnet und von der Oberfläche entfernter als die Blutcapillaren an der zuletzt erwähnten Stelle des Eierstocks. Die Zweige der in der Marksubstanz verlaufenden Stämmchen dringen mit sparsamen Lymphcapillaren in das Rindenstroma, umspinnen mit dichteren, an der Innenfläche der Tunica externa gelegenen Netzen derselben die Follikel; sie reichen mit capillären Aesten bis an die grösseren Secundärfollikel und communiciren mit dem Raum zwischen Tunica externa und Stroma, der als Lymphraum aufzufassen ist. Die Wölbung der an der Oberfläche hervorspringenden Graaf'schen Follikel bleibt frei von Lymphcapillaren; dagegen reichen solche in das Granulationsgewebe der Corpora lutea hinein (His, 1865, bei der Kuh).

Die Nerven sind sparsam, nur an den grösseren Blutgefässen zu verfolgen, sie führen meist blasse Fasern und scheinen Gefässnerven zu sein, doch dringen sie mit einzelnen dünnen doppeltcontourirten Nervenfasern bis an die grösseren Secundärfollikel (Waldeyer, 1870).

Nur aus der **Entwicklungsgeschichte** sind die merkwürdigen Bildungen im Ovarium verständlich geworden. Die Peritoneum wird ursprünglich überall von Cylinder-Epithel ausgekleidet. Dieses verschwindet frühzeitig beim Embryo (S. 253), erhält sich aber an der dem Ovarium entsprechenden Stelle nicht nur, sondern wuchert in die Tiefe: ungefähr so wie in Schleimhäuten Drüsen sich bilden (S. 32). Netzförmig zusammenhängende, mit gefässführendem Bindegewebe durchwachsene Zellenstränge, von denen, sowie von der freien Oberfläche aus, blind endigende Zellencylinder ausgehen, bilden anfangs die spätere Rindensubstanz. Die Marksubstanz resp. das ganze Ovarium entsteht als längliche transversale Membranfalte, deren Axe von stärkeren Gefässen eingenommen wird. So ist die Rinde der Drüsenschicht, das Mark der Submucosa einer einfachen Schleimhautfalte vergleichbar (Waldeyer, 1870). Indem die Durchwachsung der Zellenstränge mit Bindegewebe in querer Richtung fortschreitet, schnüren sich einzelne Stränge selbstständig ab. Alsdann gleicht das Ovarium im Bau einer tubulösen Drüse mit verästelten, communicirenden Kanälen (Valentin, 1838; Billroth, 1856; Eischläuche, Pflüger, 1861); an denen jedoch im Gegensatz zum Hoden keine besondere Wandung darstellbar ist. Bei manchen Säugethieren (Hund, Kaninchen), mitunter auch beim neugeborenen Menschen, erhalten sich schlauchförmige Einstülpungen des Ovarial-Epithels an der Oberfläche nach der Geburt; zuweilen kommen einzelne noch beim neugeborenen Kinde oder in den ersten Lebensjahren vor, oder es sind einzelne Follikel zu kleinsten Gruppen: Eiballen (Waldeyer, 1870), resp. zu Reihen, deren Glieder von sehr wenig Bindegewebe getrennt werden: Eiketten (Pflüger, 1863) gesondert. Die der Albuginea benachbarte Parthie der Rinde, welche zahlreiche Primärfollikel und Eiballen enthält, wird als Corticalzellenzone (Schrön, 1863) oder Corticalzone (His, 1865) bezeichnet. — Bei anderen Säugethieren (Katze, Waldeyer) sind Follikelgruppen häufiger. Beim Menschen, Rind und Schaf ist die Sonderung eine so vollständige, dass fast jede einem späteren Primärfollikel entsprechende Zellengruppe der ursprünglichen Zellenstränge oder Schläuche selbstständig und durch relativ grosse Zwischenräume von den benachbarten

Waldeyer. Eierstock u. Ei. Leipzig. 1870.
Valentin. Ueber d. Entwicklung d. Follikel in d. Eierstock d. Säugethiere. Müller's Arch. f. Anat. u. Phys. 1838. p. 526.
Billroth. Ueber foetales Drüsengewebe in Schilddrüsengeschwülsten. Ibid. 1856, p. 144.
Pflüger. Die Eierstöcke d. Säugethiere u. d. Menschen. Leipzig. 1863.
Schrön. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. 12. 1863. p. 409.
His. Bau d. Säugethiereierstocks. Schultze's Arch. f. mikr. Anat. Bd. I. 1865.

getrennt wird. Nun sondert sich unterdessen auch der Zellenhaufen selbst in eine centrale Eizelle, Urei (Pflüger), Primordialei, die an Grösse den übrigen als radiär gestellte Cylinderzellen angeordneten Zellen des ursprünglichen Ovarial-Oberflächen-Epithels überlegen ist. Zufolge einer anderen Ansicht (Kölliker, 1874) werden jedoch die Zellen des Follikel-Epithels von anderer Seite her, nämlich von Zellensträngen (Marksträngen) geliefert, die bei Hunden etc. von den Kanälen des Parovarium auswachsen und erstere Zellen würden mithin den Spermatoblasten der Hodenkanälchen homolog sein. — Uebrigens sind die späteren Ureier schon im Ovarial-Oberflächen-Epithel selbst, ehe noch die Einstülpung begonnen hat, zu erkennen. Sie treten als membranlose Protoblasten auf, ohne Membrana pellucida, zeigen amöboide Bewegungen und vermehren sich durch Theilung oder Abschnürung (Pflüger). Die genannte Membran ist ein Product späterer Bildung und zwar scheint sie von den Epithelzellen der Eifollikel ausgeschieden zu werden; ihre radiäre Streifung entsteht, wenigstens bei niederen Thieren, durch Stäbchen-förmige, sehr feine, in sie hineinragende Fortsätze der Cylinderzellen. Nach innen von der Membrana pellucida soll noch eine structurlose, der Eizelle selbst angehörende, sehr zarte, von C. Krause zuerst beschriebene Dotterhaut vorhanden sein (C. Krause, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1837, beim Menschen von 0,002 Dicke, ferner beim Affen, bei der Ziege und Katze. Reichert, 1841; H. Meyer, 1842; van Beneden, 1870; H. Ludwig, 1874; ebenso bei Knochenfischen, Ransom, 1867). Sie wird als umgewandelte Randschicht des Dotters aufgefasst (Eimer, 1872 bei Reptilien; H. Ludwig, 1874, beim Frosch). Das Keimbläschen ist der Kern einer Epithelzelle der Ovarien-Oberfläche und schon im Urei vorhanden; der Keimfleck sein Kernkörperchen.

Der Liquor folliculi entspricht dem Secret einer Drüse; was den Cumulus oophorus anlangt, so bilden sich seine Zellen durch locale Wucherung des Follikel-Epithels im Wege der Zellentheilung, nach Leydig (1857) durch Knospung; die beiden Hüllen der secundären und Graaf'schen Follikel werden vom Bindegewebsstroma des Ovarium geliefert. — Zweifelhaft ist es, ob das Wachsthum der nur 0,011—0,014 beim dreimonatlichen Embryo (Waldeyer) messenden Ureier allein durch Stoffaufnahme oder durch Intussusception einzelner Theile des Zellenprotoplasma der anstossenden Follikel-Epithelzellen, resp. solcher in toto oder, eingewanderter weisser Blutkörperchen vor sich geht: ob also das Ei ausschliesslich den Werth einer einzigen Zelle hat oder nicht. Erstere Ansicht ist für das Säugethierei als festgestellt zu erachten; letzteres ist mehrfach für niedere Wirbelthiere, insbesondere Vögel, angenommen. Jedenfalls sind bei Erwägung der vergleichend-anatomischen Thatsachen Ureier, Primäreier, reife Eierstockseier und solche, die bereits im Eileiter wanderten resp. wie das Vogelei, accessorische Hüllen erhielten, bei den verschiedenen Thierclassen scharf auseinander zu halten (Waldeyer). Aus diesem Grunde ist es auch nothwendig, diejenigen Eier und Follikel, welche sicher oder selbst nur möglicherweise durch accessorische Anbildungen complicirter geworden, als *secundäre* Formen auszuzeichnen, wie oben (S. 278—280) versucht ist. Ureier scheinen beim erwachsenen Weibe nicht vorzukommen, da auch die kleinsten Eier eine erkennbare Membrana pellucida besitzen; einzelne Schlauch-artige Gebilde (Fig. 163 *sh*) mögen aber Reste aus dem nicht ganz abgelaufenen Entwicklungsgange darstellen, auch wohl solchen nachholen.

Eine andere Frage ist es, ob im zeugungsfähigen Alter, etwa zu bestimmten, der Brunstperiode entsprechenden Zeiten (bei der Katze, Pflüger), oder zur Zeit der Menstruation neue Eier resp. Eifollikel entstehen. Die ungeheure, von Sappey auf 400,000, von Henle auf 36,000 geschätzte Anzahl primärer Follikel in jedem Ovarium lässt eine solche Annahme nicht unumgänglich erscheinen, da zur Lieferung von 1—3 befruchtungsfähigen Eiern für jede Menstruation vom 15. bis 45. Lebensjahre eine viel geringere Menge ausreichen würde. Wahrscheinlich sind es die der Marksubstanz am nächsten sitzenden und deshalb am besten ernährten Follikel, die successive sich langsam gegen die Ovarial-Oberfläche vorschieben. Uebrigens sind die erwähnten Zahlenangaben durch Rechnung gewonnen, wobei einige an kleinsten Primärfollikeln reiche Stellen zu Grunde gelegt wurden. Diese Uebertragung ist wegen der relativ grossen Räume, die von den zahlreichen Secundärfollikeln eingenommen werden, nicht zulässig.

Die Befruchtung beruht auf der Vereinigung von etwas Zellen-Protoplasma, welches das Mittelstück eines Samenfadens (S. 259) bildet und ursprünglich einem Spermatoblasten, seiner letzten Abstammung nach einer Epithelzelle der embryonalen Pleuro-Peritonealhöhle angehörte, mit dem Protoplasma der Eizelle. (Nach Bütschli's, 1875, Vermuthungen würde es sich vielmehr um Ersatz des aus der Eizelle ausgestossenen Nucleolus, d. h. des Keimflecks durch Bildung eines neuen Kernkörperchens, in welches Bestandtheile des Samenfadens eingingen, handeln.) Die Eizelle ist nach dem (S. 254) Gesagten ebenfalls eine Zelle des letztgenannten Epithels gewesen und ferner ergibt sich, da schon der weibliche Embryo Ureier enthält, dass solchergestalt im schwangeren Uterus zwei Generationen in einander geschachtelt stecken können — wenn nämlich der Fötus weiblichen Geschlechts ist.

Wie früher gesagt (S. 18), verschwindet am befruchteten Ei das Keimbläschen bald, und über die Herkunft der Kerne der ersten Furchungskugeln sind die Ansichten verschieden. Nach Auerbach (1875, bei Nematoden), der sich auf frühere Beobachtungen von Reichert beruft, entstehen nicht nur diese Kerne, sondern auch die von späteren Furchungskugeln durch Generatio aequivoca und die Einschnürungen (Fig. 7), welche gewöhnlich als Kennzeichen einer Kerntheilung angesehen werden, bedeuten bei den betreffenden Eiern im Gegentheil die Verschmelzung oder Conjugation von je zwei (oder nach Bütschli, 1875, bei Cucullanus elegans, bei Schneckeneiern und vielleicht auch bei der Forelle — mehreren) spontan entstandenen neuen Kernen. Letztere wären ursprünglich Vacuolen ohne Kernmembran. Die verschmolzenen Kerne bilden dann eine hantelförmige, an ihren beiden kolbigen Enden zugleich radiäre Strahlen aussendende (karyolitische) Figur, und diese bereits (S. 17) erwähnte Erscheinung zeigt nach Auerbach die Art an, wie die beiden verschmolzenen Kerne sich wieder auflösen. — Jedenfalls lässt sich an anderen Zellen die Kerntheilung und nachfolgende Trennung der zugehörigen Zellen direct beobachten (Auerbach).

Dagegen zeichnet sich nach Goette (1875) im befruchteten Ei von Bombinator igneus nach kurzer Zeit eine kuglige Stelle im Dotter (sog. Dotterkern, der nicht mit dem unten zu beschreibenden Nebenkern des Dotters von Eierstockseiern zu verwechseln ist) durch feinkörnige Beschaffenheit aus. Derselbe bildet den Ausgangspunkt der ganzen Embryonal-Entwicklung, denn in ihm entsteht nach dem Verschwinden des Keimbläschens ein heller Hohlraum (sog. Lebenskeim), worin sich durch Zusammenschmelzen von Kernkörperchen (sog. Kernkeimen) der neue Kern der befruchteten Eizelle bildet, während durch Theilung dieses ersten Kernes später die Kerne der ersten Furchungskugeln entstehen. Hiernach ist eine Generatio aequivoca oder spontane Entstehung für die letztgenannten Kerne nicht anzunehmen.

In vergleichend-anatomischer Hinsicht ist zu bemerken, dass der Eierstock bei den Vögeln und Reptilien an seiner Aussenseite stark hervorspringende Graaf'sche Follikel trägt und dadurch ein traubiges Ansehen bekommt. Die Aussenfläche ist von Ovarial- oder Keim-Epithel (S. 253), das aus niedrigen Cylinderzellen besteht, überkleidet; bei den Batrachiern dagegen wird erstere von Endothel überzogen und bei ihnen, Knochenfischen und Cyclostomen wird das Keim-Epithel vom Ovarialstroma so umwachsen, dass es nach innen in einen dem Hohlraum der Tube entsprechenden Sack hineinsieht (Waldeyer, 1870). Diese Ovarien sind mithin in Bezug auf diejenigen der höheren Wirbelthiere gleichsam umgestülpt. Die glatten Muskelfasern erstrecken sich bei Amphibien und namentlich Knochenfischen bis auf die äussere Hülle des Ovarium.

Die Eier der Wirbelthiere, ausser den Säugern, zeigen eine viel deutlichere radiäre Streifung in der Membrana pellucida — mit Ausnahme der Vögel, an deren reifen Eiern diese Streifung fehlt, und jene Membran durch eine Dotterhaut secundärer Bildung ersetzt wird. Bei den Vögeln lässt sich ein *Hauptdotter*, Cicatricula, Hahnentritt, mit dem Keimbläschen zusammen als *Archiblast*, Hauptkeim, bezeichnet (His, 1868), von dem der Masse nach überwiegenden *Nebendotter*, *Nahrungsdotter* unterscheiden. Die Hauptmasse des letzteren oder den *gelben Dotter* umgibt kugelschalenförmig der *weisse* Nebendotter oder *Parablast*, Nebenkeim. Der erstere liefert das Nervengewebe, Muskelgewebe, Epithelial und Drüsengewebe, also oberes (äusseres) Keimblatt, Ectoderm, und *unteres*

(Inneres) Keimblatt, Entoderm, sowie ausserdem die obere und untere Muskelplatte. Aus der oberen Platte (Hautmuskelplatte) entstehen die quergestreiften Muskeln etc., aus der unteren (Darmfaserplatte) bildet sich die glatte Musculatur des Darmtractus. Der Parablast dagegen liefert die Endothelien der Blut- und Lymphgefässe, der Lymphspalten (serösen Häute), das Blut und die Gewebe der Bindesubstanz (S. 42): Bindegewebe, Knorpel, Knochen etc. Was als mittleres Keimblatt oder Mesoderm gewöhnlich bezeichnet wird, ist nach His theils aus parablastischen, theils (Muskelplatten und Axenstrang resp. Chorda dorsalis) aus archiblastischen Elementen hervorgegangen und umfasst überhaupt alle Intermediärgebilde, die zwischen oberem und unterem Keimblatt (oder den beiden Grenzblättern) gelegen sind. Gegenbaur und v. Mihalkovics (1875) leiten auch die Chorda vom äusseren Keimblatt ab.

Von Anderen wird dagegen angenommen, dass die Hautmuskelplatte und Darmfaserplatte aus dem mittleren Keimblatt entstehen, während der weisse Nebendotter sich überhaupt nicht am Aufbau des Embryo betheiligt. Die zwischen den letztgenannten Platten auftretende Spalte ist die ursprüngliche Pleuro-Peritonealhöhle (S. 253) oder das Coelom. Für diese Anschauung führte Haeckel (1875) namentlich die Entwicklungsgeschichte (Kowalewsky, 1866) von Amphioxus an, dessen Keim ursprünglich eine nur aus zwei Blättern bestehende *Gastrula* darstellt, d. h. ein kugliges, mit einer Oeffnung versehenes Bläschen, dessen Höhle einem Darmschlauch entspricht und dessen Wand nur aus zwei Zellenschichten jener beiden Keimblätter besteht.

Während bei den übrigen Wirbelthierclassen ein Cumulus oophorus fehlt, sind es beim Säuger ausschliesslich dessen Zellen, welchen die Zona pellucida ihre Entstehung verdankt.

Der Nahrungsdotter enthält bei Amphibien und Fischen zahlreiche, aus einem Eiweisskörper bestehende Krystalle: *Dotterplättchen*. Sie sind beim Frosch quadratisch mit abgerundeten Winkeln. Ausserdem führt der Dotter in nicht ganz reifen Eiern bei Batrachiern und Knochenfischen (auch beim Wendehals nach Gegenbaur, 1860) einen excentrisch gelegenen dunkeln, feinkörnigen, in Essigsäure sich nicht aufhellenden, kugligen Körper, den *Nebenkern* des Dotters, Dotterkern, Balbiani'schen Kern, vésicule s. cellule embryogène, der an Grösse das Keimbläschen nicht ganz erreicht. Derselbe sitzt anfangs gestielt der Membrana pellucida inwendig an (W. Krause, beim Frosch) und schnürt sich später von derselben ab; mit der Reife des Ei's wird er undeutlich und scheint zu verschwinden. Seine Bedeutung ist nicht sichergestellt. Die Identität dieses Körpers mit dem (S. 282) erwähnten sog. Dotterkern von Batrachiern ist nicht wahrscheinlich. Ein dem Nebenkern ähnlicher Körper kommt beim Tausendfuss (H. Ludwig, 1874) vor, ein eben solcher, aber concentrisch geschichteter findet sich bei Spinnen (v. Wittich, 1845). — Das Keimbläschen enthält bei älteren Eiern der Wirbelthiere, mit Ausnahme der Säuger, anstatt des Keimflecks viele stärker lichtbrechende Körperchen, die als zahlreiche Keimflecken gedeutet werden. Zwei Keimflecken in demselben Keimbläschen sind bei Wirbellosen beobachtet; zwei Keimbläschen in einem Dotter sah Max Schultze (s. Leydig, 1857) bei Vortex balticus, und diese Eier liefern constant zwei Embryonen.

Während jeder Menstruationsperiode platzt ein Graaf'scher Follikel (oder mehrere), wodurch der Austritt des reifen Ovulum und Liquor folliculi gegeben ist; das Platzen geschieht zuweilen mit oder häufiger ohne wahrnehmbaren Bluterguss, der aus zerrissenen Capillaren der Follikelhülle stammt. Schon vorher ist an deren freier Oberfläche eine ovale Stelle *Stigma* s. Macula *folliculi*, die keine Blut- oder Lymphgefässe besitzt, wahrnehmbar. Nach dem Platzen collabirt der Follikel, füllt sich mit Detritusmasse und Fettkörnchen, die den durch Theilung sich vermehrenden und dann zerfallenden Zellen seines Epithels ihre Entstehung verdanken, woher sich seine gelbe Farbe schreibt. Zur Hervorbringung der letzteren tragen grössere pigmentirte, dem Granulationsgewebe der Tunica interna angehörende Zellen bei. Solche *Corpora lutea* verschwinden bald, wenn keine Befruchtung eintritt, bleiben länger erhalten und werden viel grösser bei gleichzeitiger Schwangerschaft: Corpora lutea vera. Die Tunica interna des Follikels faltet sich anfangs, wächst nachher zu Granulationsgewebe aus, das mit hügelförmigen, Papillen-ähnlichen Auswüchsen in die Follikelhöhle hineinwuchert, und schliesst die letztere unter Resorption der gelblichen Fettmassen wie bei der Heilung eines Geschwürs, sowie sich auch später eine anfangs gelbliche, später weissliche oder schwärzliche, mit strahligen Ausläufern versehene Narbe, Corpus albicans s. nigricans, an Stelle des früheren Follikels bildet. Reste dieses Processes in seiner nach den Umständen verschiedenen Entwicklung und mannigfaltigen Stadien, aus verschiedenen Menstruationsperioden resp. Schwangerschaften herrührend, zeigen sich in jedem Eierstock. Ist ein Bluterguss erfolgt, so werden häufig auch gelbrothe rhombische Tafeln eines *Hämatoidin* genannten Derivates aus dem Hämoglobin der ausgetretenen rothen Blutkörperchen angetroffen, welches Hämatoidin mit dem Gallenfarbstoffe Bilirubin identisch zu sein scheint.

Die mit der Menstruation resp. Brunstperiode bei den Wirbelthieren verbundene Congestion zum Ovarium scheint von den Gefässnerven abhängig zu sein, hat aber einer experimentellen Erforschung noch nicht unterworfen werden können. Relaxation der glatten Muskeln in der Marksubstanz dürfte die korkzieherförmigen Windungen der Arterien ausgleichen, die Widerstände vermindern, während zugleich die Venen resp. die venösen Plexus im Hilus sich stärker füllen. — Von den grossen während der Schwangerschaft entstehenden Corpora lutea ist es bemerkenswerth, dass bei kleineren Säugethieren die arteriellen Gefässe büschelförmig vom Rande her in den gelben Körper eintreten und ihre Capillaren in eine grosse, den letzteren vollständig durchbohrende Centralvene sich ergiessen (Schrön, 1862, bei der Katze).

Der Nebeneierstock, **Parovarium** s. *Epoophoron,* Rosenmüller'sches Organ, entspricht der Epididymis des Mannes und entwickelt sich aus dem Sexualtheil des Wolff'schen Körpers. Es sind von niedrigem Flimmer-Epithel ausgekleidete bindegewebige Kanäle mit zahlreichen spindelförmigen Inoblasten in ihrer Wandung, von denen die äussersten eine circuläre, die grösste Anzahl aber eine longitudinale Richtung einhalten, so dass die letztere innere Schicht bei weitem dicker ist als die äussere. Den Inhalt bildet eine hellgelbe Flüssigkeit. — Die der Paradidymis des Mannes (S. 265) entsprechenden

(S. 253) Reste des *Nierentheils vom Wolff'schen Körper* oder das *Paroophoron* finden sich medianwärts neben dem Parovarium im Lig. uteri latum als feinere, anastomosirende, mit undeutlichen Zellen und körnigem Detritus gefüllte Kanäle.

Beim Hunde, der Katze, dem Rinde etc. dringen die cylindrischen Kanäle durch den Hilus bis in das Stroma des Ovarium vor (Waldeyer, 1870). Einzelne feinere Kanälchen führen beim Hunde Platten-Epithel: sie scheinen den Samenkanälchen (S. 253) homolog zu sein (Waldeyer). — Das laterale Ende des am oberen Rande des Parovarium verlaufenden, meist etwas stärkeren Kanälchens kann zu einer mit klarer Flüssigkeit gefüllten Cyste sich abgeschnürt haben, wie die dem Anfang des Müller'schen Ganges entsprechende gestielte Hydatide (S. 265) am Nebenhoden, welcher sie aber nicht homolog ist. Denn das erwähnte Kanälchen entspricht dem Anfang des Wolff'schen Ganges oder dem Vas deferens beim Manne. Dagegen ist eine am Ende der obersten Fimbria des Eileiters vorkommende, ähnlich gestielte Cyste der genannten gestielten Hydatide homolog: sie ist der abgeschnürte Anfang des Müller'schen Ganges, aus welchem die Tube entsteht.

Muttertrompeten.

Die *Tubae uterinae s. Falloppiae* bestehen aus einer Schleimhaut, Muskelhaut und serösem Ueberzuge.

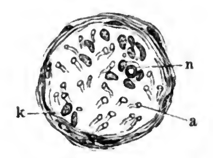
Die Schleimhaut trägt Flimmer-Epithelium: die Richtung des Stromes geht nach dem Ostium uterinum. Sie ist in Längsfalten gelegt, die am medialen und lateralen Theil verschieden entwickelt sind. In der *Pars medialis* s. Isthmus ist der Querschnitt sternförmig, die Bindegewebsbündel der Propria verlaufen vorwiegend longitudinal; die Innenfläche ist mit zahlreichen, niedrigen, kammförmigen, microscopischen Fältchen und Leisten versehen, in welchen das constituirende Bindegewebe lockerer erscheint. Es enthält viele längliche, abgeplattete und rundliche Inoblasten mit ebensolchen Kernen und kurzen Ausläufern. In der *Pars uterina* (S. 289) ist der Querschnitt ebenfalls sternförmig, die Zahl der Längsfalten dem kleineren Lumen des Ganges entsprechend geringer. In der *Pars lateralis* s. Ampulle dagegen erheben sich die Falten zu mit freiem Auge sichtbarer Höhe; sie sind mit zahlreichen, rechtwinklig abgehenden und auf dem Querschnitt wiederum verästelten secundären Fältchen, Nebenfalten, besetzt, während die ersteren als Primärfalten bezeichnet werden können. Wie im Vas deferens entstehen durch das Gewirre zahlreicher Falten eine Menge von Ausbuchtungen, verästelten Ausstülpungen und blinden Recessus der Schleimhaut; sie alle sind mit Flimmer-Epithel ausgekleidet, können übrigens nicht als Drüsen bezeichnet werden. Solche und Papillen fehlen der Schleimhaut. Die primären und secundären Falten enthalten zahlreichere spindelförmige Inoblasten, netzförmiges Bindegewebe mit wandernden Leukoblasten. — Auf die Propria folgt nach aussen eine dünne Schicht der Schleimhaut angehöriger, longitudinal verlaufender glatter Muskelfasern, welche Schicht die Faltenbildung der Schleimhaut mitmacht und daher sich auf Querschnitten der Pars uterina wie Bündel ausnimmt, die senkrecht in die Falten gegen die Oberfläche hinansteigen.

Die Muscularis der Tube besteht aus glatten Muskelfasern, deren innerste longitudinale Bündel der Schleimhaut angehören. Die mittlere Schicht oder die innere der eigentlichen Muscularis bilden weit dickere und ringförmig angeordnete Lagen abgeplatteter Muskelbündel. Nach aussen folgt eine nicht ganz continuirliche, stellenweise mit der mittleren verflochtene, dünnere Schicht von Längsmuskeln und dann ein lockeres, mit elastischen Fasern und einzelnen Längsbündeln glatter Muskeln versehenes subseröses Gewebe: die *Adventitia*. — Die Serosa verhält sich wie das Peritoneum überhaupt.

Die **Fimbrien,** Fimbriae tubae Falloppiae, sind Schleimhautfalten, die den Bau der Primärfalten des lateralen Tuben-Abschnitts im Grossen wiederholen, auch mit secundären Falten, Nebenzacken, versehen sind. An ihrer äusseren Fläche tragen sie das Endothel des Bauchfells, an der inneren Flimmer-Epithel,

wie die Tube; der Uebergang geschieht wie am Ovarium. Nur die Fimbria ovarica reicht, in ihrer Rinne von Flimmer-Epithel ausgekleidet, bis nahe an das Ovarium; doch schiebt sich auch hier ein schmaler Streifen peritonealen Endothels zwischen ihre Flimmerzellen und das Ovarial-Epithel ein.

Fig. 166.



Stämmchen blasser Nervenfasern aus der Tuba Falloppiae. Maceration in 2 %iger Essigsäure, Querschnitt. V. 606/380. *k* Kern des Neurilems. *n* Querschnitt einer doppeltcontourirten Nervenfaser. *a* Querschnitte von Axencylindern, die sich in die Tiefe fortsetzen.

Die Blutgefässe der Tube stammen von den Aa. und Vv. spermaticae internae und uterinae; die Arterien verlaufen stark geschlängelt, oder spiralig, sie erstrecken sich mit den Venen längs der Basis der grösseren Falten.

Lymphgefässe der Tuben selbst sind nicht genauer bekannt (S. auch Ligg. uteri lata); Henle (1863) beschreibt Lymphspalten in der Basis der Falten des lateralen Abschnittes.

Die Nerven stammen von den Plexus uterinus und spermaticus internus, sie treten mit den Blutgefässen von unten her in die Adventitia, bestehen aus blassen kernführenden, sowie sparsamen doppeltcontourirten Nervenfasern (Fig. 166 *n*) und vertheilen sich theils an die Blutgefässe, theils an die Muskelhaut; ihre Endigung ist nicht bekannt.

Die Recessus im lateralen Theile der Tube sollen nach Henle als Receptacula seminis dienen, woselbst die Samenfäden sich aufhalten und ernähren könnten. Diese Annahme würde fruchtbaren Coitus *vor* Beginn der Menstruation voraussetzen; sie kann sich auf Analogieen bei niederen Wirbelthieren und Wirbellosen stützen, entbehrt aber sonstiger Begründung. — Die Tuben entstehen aus den Müller'schen Gängen des Embryo, diese durch Einstülpung aus dem Keim-Epithel der Peritonealhöhle, während letztere ihrem grössten Theile nach ihr ursprüngliches Epithel verliert (S. 253). So erklärt sich die scheinbar auffällige Thatsache der Einmündung eines flimmernden Kanales in die Bauchhöhle. E. Neumann's (1875) Auffassung dürfte erstere nur umschreiben.

Uterus.

An der Gebärmutter sind die Serosa (S. Bauchfell), die Muscularis und die Schleimhaut zu unterscheiden.

Die Schleimhaut des Uterus ist im **Fundus** und **Corpus** glatt, von Flimmer-Epithel überkleidet, dessen Zellen mannigfaltige Entwicklungsformen, wie das Cornea-Epithel (S. 24) und überhaupt die Flimmer-Epithelien darbieten. Die Zellen sind cylindrisch, in der Richtung von der Uterushöhle her gesehen polyedrisch; ihre Kerne länglich-ellipsoidisch. Die Richtung des Flimmerstromes geht nach abwärts. — Durchbrochen wird die Oberfläche im Fundus und Corpus von den rundlichen Mündungen sehr zahlreicher dichtgedrängter *Uterindrüsen*, Gl. uterinae. Es sind schlauchförmige, von Flimmer-Epithel ausgekleidete Drüsen; ihre Längsaxe fast immer leicht S-förmig gebogen (Fig. 167) oder am tieferen Ende stärker, am Fundus sogar der Oberfläche parallel gekrümmt, auch dichotomisch, seltener successiv oder trichotomisch getheilt. Mitunter münden zwei benachbarte Drüsen mit gemeinschaftlicher Oeffnung, oder die Mündungen stehen sehr nahe beisammen. Die Cilien sind kürzer als die der Schleimhautoberfläche; ihre Schwingungen nur bei Säugethieren zu beobachten, und geht die Richtung des Stromes nach ersterer hin. Ein zarter Grenzsaum der Drüsen, Basalmembran, erweist sich durch Silberbehandlung aus polygonalen Endothelien zusammengesetzt; einzelne Bindegewebsfasern durchziehen den engen Zwischenraum zwischen je zwei Drüsen, in dessen tieferem Abschnitt auch glatte Muskelfasern vorkommen (S. 288). Ausserdem sind zahlreiche, an ihren länglich-ovalen Kernen kenntliche, spindelförmige, zum Theil auch länglich-polygonale, abgeplattete oder mehr rundliche Inoblasten mit kürzeren Fortsätzen vorhanden. Die Ausläufer dieser Bindegewebszellen stellen ein von einzelnen Leukoblasten

(Fig. 168 *l*) durchwandertes Bindegewebsnetz her. Nach der Muscularis hin wird das Bindegewebe längsfasrig, lockig; mitunter heftet ein in etwas schräger Richtung verlaufender Bindegewebsstrang den blinden Drüsengrund an die anstossende Muscularis. Auch sind die Blutcapillaren mit platten Inoblasten an ihrer Aussenfläche bedeckt, und deren Ausläufer ziehen in schräger Richtung von Capillare zu Capillare oder zu Uterindrüsen und deren Endothelbegrenzung hinüber. Stärkere Bindegewebsbündel verlaufen hier und da zwischen Muscularis und Drüsen, während eine besondere Submucosa fehlt: sie sind mit plättchenförmigen Endothelien resp. Inoblasten überkleidet.

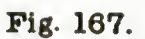
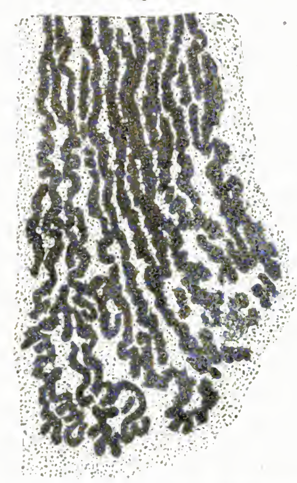


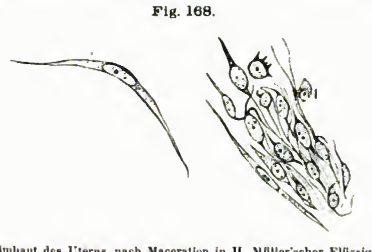
Fig. 167.



Senkrechter Durchschnitt der Uterusschleimhaut, Holzessig-Präparat. V. 70. Theilungen und Ausbuchtungen der Uterindrüsen.

Im **Cervicalkanal** reicht das Flimmer-Epithel im jungfräulichen Uterus bis zu seiner Mündung und geht daselbst nicht scharf begrenzt in das geschichtete Platten-Epithel der Vaginalportion über; nach einer Geburt erstreckt sich das Platten-Epithel meist einige Mm. weiter nach oben, resp. durch das untere Drittel des Kanales oder auch wohl bis zur Hälfte. Soweit hat die Schleimhaut der Vaginalportion und des untersten Abschnittes vom Cervicalkanal lange Papillen, keine Drüsen; weiter aufwärts ist sie im letztgenannten Kanal ziemlich glatt, zeigt hier und da niedrige Hervorragungen. Ihre Bindegewebsbündel durchflechten sich zu einem weit festeren Stroma als im Uteruskörper, sind mit vielen länglichen Inoblastenkernen, auch Leukoblasten in ihren Zwischenräumen und sparsamen elastischen Fasern versehen. Denselben Bau haben die *Plicae palmatae*. — Ausserdem enthält der Cervicalkanal rundliche Crypten (s. Fig. 15), Schleimfollikel, von denen die kleinsten 0,09—0,014 messen. Sie werden von cylindrischem Epithel ausgekleidet, welches niedriger als das des Uterus ist und wahrscheinlich flimmert. In dem Theil des Cervicalkanales, welcher in der Portio vaginalis enthalten ist, finden

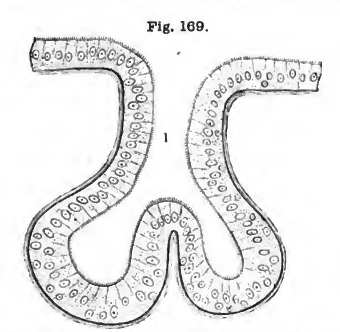
Fig. 168.



Schleimhaut des Uterus nach Maceration in H. Müller'scher Flüssigkeit zerfasert. V. 600/400. Verschiedenartige Formen von Inoblasten. *l* Lymphkörperchen.

sich mit analogem Cylinder-Epithel ausgekleidete einfache und zusammengesetzte, schlauchförmige *Drüsen.* Die kleinsten haben nur 0,15 Länge und endigen nach der Tiefe der Schleimhaut zu mit zwei oder drei länglichen oder rundlichen Acini (Fig. 169). Die grösseren sind zusammengesetzte, schlauchförmige, bis 1 Mm. lange Drüsen, und zeigen bis zu 20 Acini; ihre Kanäle sind mehrfach gebogen. Nach oben zu gehen sie durch allmälige Zwischenstufen, indem sie sich ausweiten und ihre Acini verstreichen, in die rundlichen Schleimcrypten über. An dem unteren Ende des Cervicalkanales, wo lange Papillen beginnen, hören mit seinem Rande die Drüsen plötzlich auf.

Fig. 169.



Einfache Schleimdrüse des Cervicalkanales eines jungfräulichen Uterus, aus zwei Acini bestehend, von cylindrischem Flimmer-Epithel ausgekleidet, auf dem senkrechten Durchschnitt, in Serum. V. 300. *l* Lumen des Ausführungsganges.

Die Schleimhaut der Labia uterina ist wie die der Scheide beschaffen (s. unten) und drüsenlos. Der scharfe Rand, mit welchem sich der Eingang in den Cervicalkanal für das freie Auge abgrenzt, wird von einem Wall confluirender Papillen hervorgebracht.

Bei Säugethieren sind die Uterindrüsen weiter von einander stehend, bei Wiederkäuern und dem Schwein stärker spiralig gewunden und viel länger als beim Menschen. Das Schleimhautgewebe ist viel lockerer, weitmaschiger, stärker mit Lymphkörperchen infiltrirt. Beim Hunde (Sharpey, 1842; Ercolani, 1868) und anderen Thieren kommen zwei Formen vor: einfache cylindrische blinde Einstülpungen und solche mit mehr rechtwinklig abgehenden Seitenästen, oder rundlichen Acinus-ähnlichen Anhängen. Die Muridae besitzen sehr vereinzelte Drüsen (Ercolani). — Das Flimmer-Epithel der Uterindrüsen wurde von Nylander und Leydig 1852) beim Schwein, von Friedlaender (1870) beim Menschen entdeckt.

Die Weiterbeförderung der Samenfäden nach ihrem Eintritt in den Uterus geschieht entgegen der Flimmerströmung, die übrigens zur ungefähren Zeit der menstrualen Blutung — wann die Conception am leichtesten oder wahrscheinlich ausschliesslich erfolgt, *so dass beim Weibe so gut wie bei den Säugethieren eine Conceptions-freie Zwischenperiode existirt,* die nur bei den grösseren Säugethieren viel länger und deshalb auffallender ist — wegen der dann stattfindenden Veränderungen der Uterusschleimhaut: Abstossung ihres Epitheis etc. aufgehoben ist.

Wegen ihrer so lange unaufhörlich stattfindenden Bewegungen, bis die mitgebrachten Spannkräfte vollständig in lebendige umgesetzt sind, müssen die einmal in den Uterus gelangten Samenfäden denselben nach den Gesetzen der mathematischen Wahrscheinlichkeit auch wieder verlassen. Denn schliesslich wird, wenn jene Bewegungszeit nur ausreichend lang ist, jeder Faden einmal an einer Tuben-Mündung vorbeikommen und dann in den Eileiter hineinschlüpfen: gerade wie eine Fliege bei unablässigem Herumkriechen schliesslich den Ausweg aus einer enghalsigen Flasche findet oder eine Erbse endlich aus einer geschüttelten Hohlkugel herausfallen muss, deren einzige Oeffnung kaum grösser zu sein braucht, als die Erbse selbst. Einmal in der Tube muss durchschnittlich etwa die Hälfte der Samenfäden die Richtung nach dem Ovarium resp. dem entgegenkommenden Ovulum einschlagen, während aus dem Uterus mehr als die Hälfte der hineingelangten Samenfäden in die Vagina durch den Cervicalkanal zurückkriechen mag. Von jener in die Tuben gelangenden Hälfte (= einem Viertel des Ganzen) kann nur derjenige Theil in Betracht kommen, welchem ein Ovulum begegnet, da meistens ein Graafscher Follikel entweder des rechten oder des linken Ovarium geplatzt ist: im Ganzen gehen also mindestens sieben Achtel des in den Uterus gelangten Sperma verloren. Von dem übrigbleibenden Achtel genügen aber schon sehr wenige Samenfäden für die Befruchtung.

Die Muscularis des Uterus besteht aus drei Schichten glatter Muskelfasern. Die *äussere Schicht,* Stratum externum s. subserosum, ist eine etwa 0,1 dicke, longitudinale, continuirliche Schicht, welche, dicht am Peritoneum anliegend, den Fundus und das Corpus uteri überzieht, nach unten in der Höhe des Orificium internum uteri sich in dem Bindegewebe verliert, das den Cervix überkleidet, und lateralwärts in die Ligg. uteri lata ausstrahlt, auch auf den Beginn der Ligg. rotunda sich fortsetzt. — Die *mittlere Schicht,* Stratum medium s. vasculare et supravasculare, bildet die Hauptmasse der Muskellage des Uterus; der Verlauf ihrer cylindrischen oder abgeplatteten glatten Muskelbündel ist beträchtlich complicirt (Bd. II), und es lassen sich drei Unter-

abtheilungen sondern. Die erste, Stratum supravasculare, schliesst sich dem Stratum subserosum zunächst an (S. 290), hat vorwiegend longitudinale Fasern, dazwischen, nach abwärts zunehmend, Bindegewebsbündel mit welligem Faserverlauf; die zweite, Stratum vasculare, sich kreuzende, fest verflochtene Muskelbündel, dazwischen zahlreiche, grössere, in bindegewebige Scheiden eingehüllte, namentlich venöse Blutgefässe, aber nur wenig Bindegewebe zwischen den Muskelbündeln; die dritte, Stratum infravasculare, vorwiegend querverlaufende Bündel, in deren Zwischenräumen sparsames lockeres Bindegewebe mit elastischen Fasern sich findet. Die Muskelfasern dieser Schicht sind etwas feiner. — Die *innere Schicht*, Stratum internum s. submucosum, gehört der Schleimhaut an, bildet ebenfalls eine longitudinale Schicht, die sehr wenig dicker ist, als die äussere, und ca. 1,5 misst; sie erstreckt sich längs der geschlossenen Enden der Uterindrüsen und sendet Fortsätze zwischen die letzteren. Sie reicht auch durch den Cervix, fehlt aber an den Uterinmündungen der Tuben.

Das Stratum supravasculare entspricht der äusseren longitudinalen, die Strata vasculare und infravasculare der inneren circulären Schicht des Eileiters, diese drei Strata zusammen repräsentiren also die eigentliche Muskelhaut des Uterus. Bei Thieren mit langen Uterushörnern werden in den letzteren die zwei Schichten des Eileiters nur durch einige schräge Bündel verbunden, und die Homologie ist unverkennbar, während nach den bisherigen Beschreibungen der Uterusmusculatur beim Menschen die Schichten-Eintheilung als eine willkürliche erscheint.

Kölliker (1852) unterscheidet drei Lagen, von denen die äussere aus zwei Schichten besteht, die innere die mächtigste ist: im Ganzen also vier. Henle (1863) nennt die äussere der drei Lagen die mächtigste, und kann dieselbe wieder in drei Schichten getheilt werden; die innerste dagegen in zwei, so dass im Ganzen sechs herauskommen. Luschka (1864) kennt nur drei, von denen die mittlere am dicksten ist; Quain-Hofmann (1870) bezeichnen die mittlere als die schwächste. Chrobak (1872) hat drei Lagen, von denen die mittlere die mächtigste, die äussere besteht aus drei Schichten, die innere aus zwei: im Ganzen wiederum sechs. Landzert (1872) stellte vier Lagen dar, von denen die dritte oder das Stratum vasculare die mächtigste, die innere den beiden äusseren (Stratum subserosum und supravasculare) an Dicke gleichkommt, weil das Stratum infravasculare zur inneren Schicht gerechnet wird. Das Stratum vasculare lässt zwei Schichten erkennen: im Ganzen also fünf. Indessen ist nur die Nomenclatur verschieden, während über den Verlauf der Muskelbündel keine intensiven Differenzen bestehen.

Der erwähnten anatomischen Differenz des thierischen und menschlichen Uterus entspricht eine physiologische, indem bei ersterem verschiedene Früchte mit Hülfe der Längsmuskelschicht resp. peristaltischer Bewegungen durch einen längeren Kanal fortbewegt werden, beim Menschen dagegen der Fötus gleichsam in einem Zuge ausgestossen wird.

Die Musculatur des Cervix unterscheidet sich durch regelmässigere Anordnung in eine *äussere* longitudinale, *mittlere* circuläre und *innere* longitudinale Schicht.

Die Blutgefässe des Uterus stammen aus den Aa. spermatica interna, uterina, spermatica externa, resp. V. spermatica interna und Plexus uterinus. Arterien und Venen treten durch die Muscularis (s. letztere); feinere Aeste biegen seitlich für das Stratum supravasculare ab, noch feinere verlaufen im infravasculare, während das Stratum vasculare stärkere enthält. Die Endäste vertheilen sich mit Capillaren an die Schleimhaut, welche sich zu den Drüsen ähnlich wie des Magens (s. a. S. 219) verhalten. Jedoch besteht ein Unterschied darin, dass die regelmässige Anordnung polygonaler Capillargefässmaschen nahe der Oberfläche durch stärkere venöse Zweige unterbrochen wird, die sich ebenfalls parallel der letzteren erstrecken. Im Cervicaltheile sind die musculösen Ringfasern an Arterien und Venen besonders entwickelt; in der Vaginalportion verlaufen diejenigen der Schleimhaut parallel ihrer freien Fläche und senden senkrechte Aestchen gegen die Papillen, welche letzteren jede eine Capillarschlinge enthalten.

Grössere Lymphgefässstämmchen bilden mit polygonalen Maschen einen dichten subserösen Plexus, dringen von demselben aus, rechtwinklig umbiegend, in die Muskelhaut und verlaufen im Stratum supravasculare langgestreckt und hier, wie im Stratum vasculare, die grösseren Blutgefässe begleitend, auch als stärkere Stämmchen zwischen dem genannten und dem Stratum vasculare. Ihre Aeste dringen als Lymphcapillaren zwischen die Muskelbündel, dem Verlaufe der letzteren folgend; im Stratum vasculare daher schräg gerichtet; ihre Knotenpunkte sind von denjenigen der Blutgefässe entfernt gelegen. In der Schleimhaut, namentlich auch des Cervicalkanales, sind weitmaschige Lymphcapillarnetze mit einzelnen blinden, kolbigen, gegen deren freie Fläche gerichteten Ausläufern vorhanden (Fig. 170).

Lymphgefässe im Cervicalkanal wurden von Lindgren (1867) gefüllt. Das mit Lymphkörperchen infiltrirte Bindegewebe um die Uterindrüsen ist durch Einstich injicirbar, und geht die Masse in die Lymphgefässe über: zunächst trichterförmige Fortsätze in das Stratum infravasculare sendend und dem Bindegewebe, welches in dasselbe eindringt, folgend (Leopold, 1873). — Beim Hund, Schaf, Schwein und Kaninchen ist die Anordnung der Lymphgefässe in der Muscularis eine etwas andere, indem zwischen der äusseren Längs- und inneren Ringmuskelschicht sich intermusculäre Stämmchen hinziehen.

Die **Nerven** des Uterus stammen von den Plexus uterinus und spermaticus internus; erstere führen meist feine doppeltcontourirte, sowie blasse Fasern, und auch die ersteren gehen schliesslich in blasse über. Die Stämme enthalten ausser den mit blossem Auge sichtbaren kleinere microscopische Ganglien: solche finden sich auch am Cervicaltheile zu



Fig. 170.



Schleimhaut aus dem Fundus uteri. Lymphgefässe mit Berlinerblau injicirt. Alkohol, schräger Schnitt, Nelkenöl Canadabalsam. V. 200/80. *u* schrägdurchschnittene Uterindrüse.

beiden Seiten desselben, vereinzelt an dessen Vorderfläche. Stets liegen sie im lockeren Bindegewebe an seiner Aussenfläche. Die Ganglien haben meistens eine runde oder ovale Gestalt; gewöhnlich sind sie mit zwei oder drei Nervenstämmchen im Zusammenhang. Die Anzahl der Zellen eines Ganglions schwankt zwischen 3 bis 200. In der Schleimhaut scheinen nur Gefässnerven vorhanden zu sein.

Hagemann (1873) hob hervor, dass die Sensibilität der Uterusschleimhaut gegen chirurgische Eingriffe gleich Null ist; **Lorey** (1867) fand an der Oberfläche eines Uteruspolypen zahlreiche doppeltcontourirte Fasern und einmal einen Endkolben mit zutretender Nervenfaser. — Ganglienzellen sind in den Nerven des Uterus etc. weder beim Menschen, noch bei Thieren vorhanden; die erwähnten am Cervix ausgenommen, in welcher Angabe **Körner** (1863), **Koch** (1865) und **Polle** (1865) übereinstimmen. Ersterer arbeitete in Heidenhain's Laboratorium, die Letzteren bei Ehlers, resp. W. Krause.

Der *Schleim* in der Uterushöhle zeigt abgestossene Flimmer-Epithelien; gallertige Colloidmasse (S. 15), welche im Cervicalkanal meistens angetroffen wird; ausserdem Platten-Epithelien.

Die **Ligg. ovarii** führen mit Bindegewebe und elastischen Fasern durchflochtene, vorzugsweise longitudinale Bündel glatter Muskelfasern, welche in das Stratum supravasculare an der hinteren Fläche des Uterus übergehen.

Die **Ligg. uteri rotunda** sind in derselben Weise zusammengesetzt; sie lassen sich weiter auf der vorderen Fläche in dem genannten Stratum verfolgen, als dies bei denjenigen der Ligg. ovarii der Fall ist; erhalten aber auch von der hinteren Fläche einzelne Bündel aus dem Stratum supravasculare und vasculare beigemischt. Ihre glatten Muskelfasern sind ungefähr bis zur Grenze des lateralen und mittleren Dritttheils zwischen Uterus und hinterem Leistenringe zahlreich vorhanden; von dort an überwiegen quergestreifte Muskelfasern, die vom hinteren Leistenringe, resp. vom M. transversus abdominis abstammend, gegen den Uterus sich hinziehen und mitunter bis in die Nähe des letzteren zu verfolgen sind. Nach seinem Austritt aus dem vorderen Leistenring besteht das Lig. rotundum, abgesehen von begleitenden Blutgefässen, Nerven- und Lymphgefässstämmen, nur noch aus Bindegewebe, Fettzellen und netzförmigen Bündeln stärkerer elastischer Fasern.

Pars uterina tubae Falloppiae (S. 284). Im Gegensatz zu diesen Ligamenten erstrecken sich die Häute der Tube theilweise durch die

ganze Wanddicke des Uterus. Bald nach ihrem Eintritt verliert sich die Adventitia; die äussere longitudinale Muskelschicht der Tube verflicht sich mit dem Stratum supravasculare, zum Theil erst mit dem Stratum vasculare; die circuläre Muskelfaserschicht geht continuirlich in das an der Einmündungsstelle des Ostium uterinum die letztere ringförmig umgebende Stratum infravasculare über, während die inneren Längsfaserbündel der Schleimhaut des Eileiters mit dem Stratum submucosum des Uterus zusammenhängen.

Auch die **Ligg. uteri lata** besitzen glatte, mit dem Stratum supravasculare und den Ligg. ovarii zusammenhängende Muskelbündel, die sich im lockeren Bindegewebe, welches diese Ligg. an die Beckenwand heftet, verlieren. Aehnlich verhält es sich mit den *Mm. recto-uterini:* sie hängen mit dem Stratum supravasculare und der äusseren Muskelschicht am oberen Theil der Vagina zusammen und endigen im lockeren Bindegewebe an der vorderen Fläche des Rectum.

Eine der Medianlinie benachbarte, dicht innerhalb des Stratum subserosum (S. 287) über die vordere Wand, Fundus und die hintere Wand des Uterus sich erstreckende dünne, longitudinale Muskelschicht, die übrigens dem Stratum supravasculare angehört, verbindet sich nach vorn mit den oberflächlichen Muskelbündeln der Harnblase, nach hinten, wie erwähnt, mit den Mm. recto-uterini und durch diese mit der Längsmusculatur des Rectum. Sie scheint ein obliterirter Rest der fötalen Allantois (S. 253) zu sein, die ursprünglich vom unteren Theile des Rectum auswächst und später in die Uterusmusculatur einbezogen wird (Kreitzer, 1872); und jener Muskelstreif kann daher als *M. recto-vesicalis* (S. 298) des Weibes unterschieden werden. (S. a. Bd. II.)

Die Blutgefässe der Ligg. uteri bieten nichts Besonderes; nur verlaufen die Aeste der Aa. uterina und spermatica interna in den Ligg. lata spiralig gewunden. — Die Lymphgefässe ziehen als Plexus weitmaschiger langgestreckter Stämmchen längs der Tuben hin und finden sich auch zwischen den Blättern des Lig. uteri latum selbst.

Scheide.

Die Vagina besteht aus Schleimhaut, Muscularis und Adventitia. Die Schleimhaut trägt geschichtetes Platten-Epithel, das an der Basis der Labia minora auf deren medialer Innenfläche in Epidermis mit dünner kernloser Hornschicht übergeht, sowie lange kegelförmige Gefässpapillen, welche zum Theil in Gruppen stehen und in der Scheide nicht Entbundener als härtliche Knötchen theilweise mit freiem Auge zu erkennen sind. Die Propria und Submucosa enthalten reichhaltige elastische Netze, deren Fasern in ersterer feiner sind; im oberen Theile der Scheide fehlen Drüsen ganz; im unteren, namentlich im Vestibulum, sowie am Orificium urethrae externum, kommen vereinzelte acinöse Drüsen vor. Ausserdem enthält die Vaginalschleimhaut wandernde Lymphkörperchen und zahlreich verstreute solitäre *Lymphfollikel*, die jedoch nicht immer gefüllt und dann schwer durch Säuren sichtbar zu machen sind.

Die Lymphfollikel der Vaginalschleimhaut kommen auch bei Säugethieren (Loewenstein, 1871; Robin und Cadiat, 1874, beim Hunde) vor: sie wurden zuerst von W. Krause (1860) beim Schwein beschrieben, wo sie bei gemästeten, resp. gutgenährten Thieren constant sind.

Die Columnae rugarum und der Hymen sind wie die Schleimhaut zusammengesetzte Verdickungen ihrer Submucosa, resp. Duplicatur der ersteren: an der Bildung der Columnen betheiligt sich jedoch die Muskelschicht mittelst netzförmiger Balken. Auf die Submucosa folgt nach der Scheidenperipherie hin eine mehr längslaufende, darauf eine querlaufende Schicht glatter Muskelbündel, die sich mit den zahlreichen Venennetzen durchflechten, welche von der Adventitia her in die Scheide resp. Submucosa eindringen.

Die Blutgefässe der Vagina bilden in den einfachen oder zusammengesetzten Papillen der Schleimhaut einfache, resp. complicirte Gefässschlingen. — Die Lymphgefässe sind zahlreich, ihre Capillaren fein und weitmaschig. — Die Nerven der Scheide stammen aus dem Plexus vaginalis. Derselbe liegt in dem lockeren Bindegewebe, welches die Aussenflächen der Scheide bedeckt und enthält zahlreiche, zum Theil sehr grosse microscopische Ganglien, mit 200 und mehr Ganglienzellen. Im oberen Theile der Vagina sind sie weit

häufiger als im unteren; zwischen den vorderen, hinteren und lateralen Flächen findet sich kein Unterschied. Die Ganglien liegen meist an den Theilungs- und Verbindungsstellen der Nervenstämmchen, doch einige auch in deren Verlauf. Die Nervenfasern sind grösstentheils doppeltcontourirt. Die Zellen haben 0,04—0,05 Durchmesser und führen öfters gelbliche Pigmentkörnchen. Ueber die Nervenendigungen s. Nervensystem.

Der *Vaginalschleim* enthält abgestossene Platten-Epithelien der Scheidenschleimhaut und häufig viele Leukoblasten.

Aeussere Geschlechtstheile.

Die **Labia majora** bieten den Bau der äusseren Haut; das Rete mucosum führt gelblich pigmentirte Zellen; in den Papillen und im Papillarkörper kommen längliche und rundliche Pigmentanhäufungen vor. An ihren medialen Flächen besteht die Hornschicht der Epidermis ebenfalls aus kernlosen Platten-Epithelien. Daselbst sind grosse Talgdrüsen, zum Theil ohne Haare, vorhanden. Die Schweissdrüsen sind von mittlerer Grösse; auf der inneren Fläche der Labien sind sie sparsamer vorhanden, öfters länglich, 0,25—0,33 messend. Das Unterhautbindegewebe ist sehr fettreich: Fettzellengruppen bilden hauptsächlich das Innere der Labien, werden aber gegen die mediale Fläche hin sparsamer, während hier besonders zahlreiche elastische Fasern, auch einzelne Bündel glatter Muskelfasern das subcutane Gewebe durchziehen. — Einzelne Talgdrüsen finden sich am Frenulum labiorum.

Die **Labia minora** haben an ihren lateralen Flächen und freiem Vorderrande eine stärker entwickelte, mehrfach geschichtete, an ihren medialen Flächen eine dünnere, oberflächliche Lage platter, polygonaler, kernloser Epidermiszellen; bräunlich pigmentirte Zellen im Rete mucosum, während dasjenige der medialen Flächen weniger pigmentirt ist. An beiden genannten Flächen sind lange Gefässpapillen, öfters mit kolbigen Enden vorhanden; ferner zeigen sich daselbst grosse Talgdrüsen ohne Haare, deren Mündungen dem freien Auge sichtbar sind und deren Acini, meist radiär gestellt, den Enden ihrer Ausführungsgänge ansitzen, aber keine Schweissdrüsen und keine glatten Muskeln. Erstere Drüsen sind auf der medialen Fläche zahlreicher. Zwischen lateraler und medialer Hautlamelle der Labia minora liegt fettloses, mit weitmaschigen Netzen stärkerer und parallel geordnet in die Papillen sich erstreckender elastischer Fasern reichlich versehenes, für beide Lamellen gemeinsames, lockeres Unterhautbindegewebe.

Die Blutgefässe der Labia majora verhalten sich wie in der äusseren Haut; in den Papillen sind hier, wie in denjenigen der Labia minora, einfache Capillarschlingen vorhanden. In den Maschen, welche die elastischen Faserbündel der Labia minora zwischen sich lassen, liegen zahlreiche anastomosirende kleine Venen, die das Blut aus den Papillen und den tiefer gelegenen Capillarnetzen zurückführen. Auch im Innern der Labia minora an ihrem befestigten Rande sind Capillarnetze vorhanden. — Die Lymphgefässe sind nicht genauer bekannt; über die Nerven s. Nervensystem.

Die **Clitoris** hat kleinere und grössere Papillen auf ihrer Glans, von denen die ersteren theils eine einfache Capillarschlinge enthaltende Gefässpapillen, theils Nervenpapillen sind, während die letzteren zusammengesetzte Blutgefässschlingen besitzen. *Talgdrüsen* sind am Umfange der Glans, sparsam und nicht constant auf der letzteren selbst, auch im äusseren, nicht aber im inneren Blatte ihres Praeputium vorhanden. An letzterem stellen sie öfters einfache, 0,8 lange Schläuche dar, die mittelst eines einzigen kugligen, 0,2—0,3 messenden Acinus aufhören. — Der Ueberzug der Clitoris, ihre Corpora cavernosa und sonstigen Structurverhältnisse gestalten sich analog wie beim Manne. Am vorderen Ende, wo das Septum der Corpora cavernosa durchbrochen ist, anastomosiren die feineren Rindennetze der beiderseitigen

Corpora mit einander; auch hängen die Venen der letzteren mit denen der Glans zusammen. Ueber ihre *Nerven* s. Nervensystem.

Die **weibliche Harnröhre** führt geschichtetes Platten-Epithel: im obersten Theil wie das der Blase, im untersten Abschnitt wie das der Scheide. Ihre Schleimhaut besitzt zahlreiche dünne Gefässpapillen, die Propria ist reich an feinen elastischen Fasern und mit Lymphkörperchen infiltrirt. In der Submucosa bilden die elastischen Fasern dichte Netze: innen verlaufen sie mehr longitudinal, aussen mehr ringförmig. Den Maschen dieses elastischen Gewebes sind Netze feiner Venen eingebettet, sowie *Gl. urethrales*, die nach unten häufiger werden und denen der männlichen Urethra (S. 269 und 270) gleichen, auch von Cylinder-Epithel ausgekleidet sind.

Auf die Submucosa folgt nach aussen eine Longitudinalschicht, dann eine dickere ringförmige Schicht glatter Muskelbündel, mit Bindegewebe und stärkeren Blutgefässen untermischt: *Corpus spongiosum urethrae.* Dasselbe ist dem Corpus cavernosum urethrae des Mannes nicht homolog, da letzteres nicht in die Pars prostatica urethrae reicht. — Die Arterien verlaufen innerhalb der Muskelbündel, die Venen sind in der Längsmuskelschicht verhältnissmässig am stärksten entwickelt. Die Ringfaserlage schliesst sich an der hinteren Wand der Urethra direct an diejenige der Vagina an; neben der Medianebene liegen zwischen beiden in der oberen Hälfte der Urethra sagittale Längsbündel quergestreifter Muskelfasern, die nach oben an die Peripherie der Harnblase, nach unten an die der Vagina übertreten, während die glatte Ringmuskellage im Uebrigen von den circulären quergestreiften Fasern des Stratum musculare circulare in der oberen Hälfte der Harnröhre umfasst wird. In der unteren Hälfte der letzteren sind solche nur an der vorderen Wand vorhanden. Nahe dem Orificium externum sind einzelne microscopische Bündel zu erkennen, wie solche auch zwischen den glatten Ringmuskeln endigen. Mitunter inseriren sich quere, hinter den Corpora cavernosa vestibuli verlaufende, quergestreifte Muskelbündel den lateralen Aussenflächen der Ringmuskellage an deren Uebergang in die hintere Fläche. *Lymphcapillaren* bilden in der Submucosa weitmaschige Netze, ihr Kaliber ist gering.

Die **Corpora cavernosa vestibuli** s. Bulbus vestibuli, verhalten sich wie der homologe Bulbus urethrae des Mannes; jedoch wird die Peripherie von gröberen, das Centrum von feineren Venennetzen constituirt; erstere bilden im vorderen Ende vorzugsweise longitudinale Maschen. Die ableitenden Venen stehen mit denjenigen des Corpus cavernosum urethrae, den Venen des Vestibulum und den venösen Plexus der Vagina im Zusammenhang. Nach vorn communiciren sie mit dichten, unter der knieförmigen Umbiegung der Clitoris gelegenen Venenplexus, die nicht nur aus den Corpora cavernosa clitoridis, sondern auch kleinere Aeste aus den Innenflächen der Labia majora, den Labia minora und dem Frenulum clitoridis aufnehmen, mithin alle cavernösen Körper und venösen Geflechte des Vestibulum vaginae unter einander in Verbindung setzen.

Mit der Erection der Clitoris ist eine gleichzeitige Füllung der Corpora cavernosa vestibuli, der venösen Plexus der Harnröhre, der Vagina, sowie der Labia minora, verbunden, und letztere (S. 323) weichen in der Medianebene aus einander. Alle Erklärungsmomente für die Erection des Penis hat man auch für die Erection dieser weiblichen Schwellorgane herangezogen: Compression der V. dorsalis clitoridis durch die Sehnen der Mm. ischiocavernosi, Relaxation der glatten Muskelbündel in den Corpora cavernosa und Compression der ableitenden Venen durch die Corpora cavernosa selbst, soweit dieselben innerhalb der sich füllenden Corpora verlaufen. Die drei erwähnten (S. 275) Bedingungen für die Erection des Penis müssen ebenfalls erfüllt sein; die Einwirkung der Nerven auf den Mechanismus dürfte völlig analog sein, ist aber experimentell noch nicht aufgeklärt.

Die **Cowper'schen Drüsen** verhalten sich wie beim Manne (S. 272).

Entdeckt wurden sie von Duverney (1676) bei der Kuh, von Bartholin (1680) beim Weibe, daher werden sie gewöhnlich Bartholin'sche Drüsen genannt, weil Cowper (1699) sie beim Weibe vergeblich suchte. Ihre Function besteht in der Ergiessung ihres Secrets während der Begattung (Bartholin), wodurch zur Verdünnung des ergossenen Samens resp. Beweglichkeit der Samenfäden beigetragen wird.

Brüste.

Die **weiblichen Brüste,** *Mammae,* Milchdrüsen, sind zusammengesetzte acinöse Drüsen. Ihre Ausführungsgänge auf der Brustwarze werden von einem pigmentirten Hof: Areola mammae umgeben. Das Pigment liegt in den Zellen des Rete mucosum, ist gelblich oder bräunlich; die Hornschicht der Epidermis dünn. Die häufig zusammengesetzten Papillen der Cutis sind gross, während die Brusthaut selbst einfache und niedrige besitzt. In der Areola sind grössere Schweissdrüsen mit gelblich pigmentirten Zellen und stärker entwickelte Talgdrüsen mit freien Wollhaaren vorhanden; die Brustwarze selbst ist drüsenlos.

Die Mamma entsteht beim Fötus im dritten Monat und ist als eine Gruppe vergrösserter Talgdrüsen aufzufassen, ihr fettiges Secret als modificirter Hauttalg: dem entsprechend können besonders entwickelte Talgdrüsen in der Umgebung der Warze, die bei Schwangeren und Säugenden etwa 12 an Zahl vorkommen, als vergrösserte Talgdrüsen oder als accessorische Milchdrüsen aufgefasst werden. Ihre Ausführungsmündungen erheben sich zu kleinen Hügeln der Cutis.

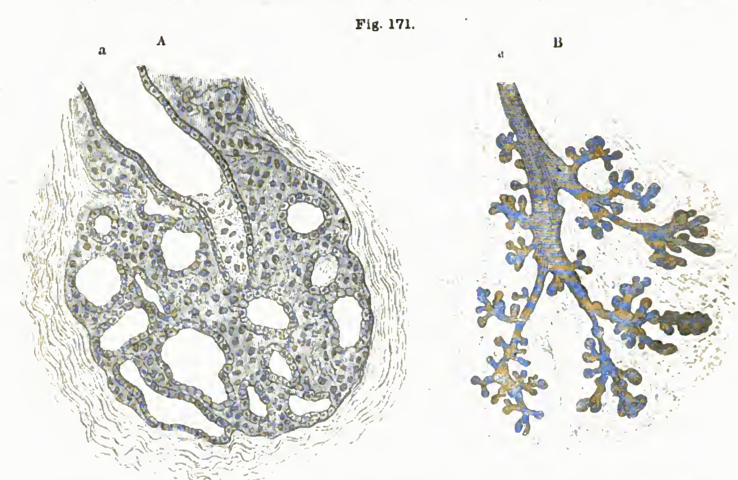
Die Ausführungsgänge der Mamma, Milchgänge, führen von der Mündung bis zur Tiefe von einigen Mm. relativ dickes, geschichtetes, aus 8—10 Lagen bestehendes Platten-Epithel mit kugligen Kernen; von dort an niedriges Cylinder-Epithel mit eiförmigen Kernen, dessen Zellen in den feineren Aesten mehr cubisch werden; ihre Innenfläche ist in Längsfalten gelegt. In der Warze ist ihre bindegewebige, aus längslaufenden Fasern bestehende Membran mit feinen, ebenfalls vorzugsweise longitudinalen, elastischen Fasernetzen ausgestattet; nach dem Innern der Drüse hin lassen sich eine innere bindegewebige, eine mittlere aus ringförmigen elastischen Fasern gebildete, und eine dickere äussere bindegewebige, mit elastischem Fasernetze durchwebte Schicht unterscheiden, während in den feineren Aesten die bindegewebige Umhüllung sich auf eine einfache Schicht reducirt. Ausserdem besitzt die Brustwarze zahlreiche netzförmig geordnete, zum Theil nach ihrer Längsrichtung, grösstentheils aber ringförmig verlaufende und mit den ersteren sich verflechtende, glatte Muskelbündel; sowie die Areola mammae relativ breite abgeplattete, die Warze ringförmig umkreisende, zum kleineren Theil radiär gestellte derartige Bündel. Dem Unterhautbindegewebe an der Warze und dem Warzenhofe fehlt das Fettgewebe.

Das Kaninchen besitzt glatte Muskelfasern zwischen den Drüsenläppchen (Winkler, 1874).

Die Acini sind rundlich oder meist birnförmig, in schräger Richtung den Ausführungsgängen und deren Enden ansitzend. In der jungfräulichen Mamma (Fig. 171 *B*) sind sie kleiner, und die primären Läppchen durch eine sehr grosse Menge fester, straffaseriger, gekreuzt verlaufender Bindegewebsbündel, untermischt mit sparsamen elastischen Fasern und Fettzellengruppen, gesondert. Mithin sind secundäre und tertiäre Läppchen in der jungfräulichen Mamma nicht zu unterscheiden. Das Bindegewebe enthält viele kürzere Inoblasten, daher zahlreiche Kerne; an der hinteren Fläche der Drüse ist es lockerer und mit zahlreichen elastischen Fasern ausgestattet. Während der Lactation vergrössern sich die Acini, die Läppchen rücken durch Ausdehnung des interstitiellen Gewebes dichter an einander; erstere füllen sich mit zahlreichen Fetttropfen, die das Protoplasma ihrer Epithelialzellen fast ausfüllen. Diese bilden eine einfache Schicht polyedrischer Drüsenzellen: während die Acini der jungfräulichen Mamma von Cylinder-Epithelialzellen mit senkrecht stehenden ovoiden Kernen ausgekleidet sind, erscheinen die letzteren während der Lactationsperiode kuglig, sitzen je einer nahe dem Centrum jeder Zelle

(Fig. 171 *A*). Auch zeigt die structurlose Membran der Acini jene Auflagerungen, die als multipolare Drüsenzellen (S. 37, Fig. 23 *B*) bezeichnet werden.

Fig. 171.



Primäre Läppchen *A* der in Alkohol gehärteten Mamma einer Wöchnerin, Hämatoxylin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 200. *a* Ausführungsgänge. *B* Von einer Jungfrau, Holzessig-Präparat. V. 48.

Das bei der Jungfrau an feinsten Durchschnitten hohlkugel- resp. abgerundetcylindrische Lumen der Acini vergrössert sich während der Lactation. Nach jeder Lactationsperiode bildet sich die Drüse zurück, indem die Acini sich wieder verkleinern und ihre Lumina sowie die Gänge und die Epithelialzellen sich mit Fetttröpfchen und mit körnigem Detritus gefüllt zeigen. Bei der klimacterischen Involution bleibt dann dieser Zustand permanent, und die Acini verkleinern sich noch mehr,

Die Blutgefässe stammen von den Aa. thoracicae suprema, acromialis, und longa, den Rr. infracostales der Aa. intercostales posteriores, sowie den Rr. perforantes der A. mammaria interna, welche letztere Arterie mit der A. epigastrica inferior anastomosirt. Die Venen gehen zu den Vv. thoracicae und cephalica. Arterien und Venen verlaufen gemeinschaftlich in radiärer Richtung an der Vorderfläche der Drüse zum Warzenhofe und geben rückwärts in das Parenchym der letzteren eindringende Zweige, deren Verlauf sich nicht an die Ausführungsgänge bindet. Die Capillargefässe umspinnen die Drüsen-Acini mit engen polygonalen Netzen; die Verbreitung in der Haut ist die gewöhnliche, doch enthalten nicht alle Papillen der Warze Gefässschlingen (s. Nerven). — Lymphgefässe bilden engmaschige Plexus in der die Drüse deckenden Cutis (S. 105. Fig. 63) und namentlich im Warzenhofe. — Die Nerven sind zahlreich in der äusseren Haut, in der Warze und Areola, weit weniger häufig im Innern der Drüse; sie stammen von den Nn. supraclaviculares anteriores, Nn. cutanei pectorales und den Nn. intercostales anteriores II—V oder VI. Sie laufen in der Haut radiär zur Warze, dringen als Rr. glandulares, die aus den Nn. cutanei pectorales IV—VI stammen, in die Drüse selbst, indem sie sich an die Milchgänge halten, während die Blutgefässe von Gefässnerven begleitet werden, welche die A. thoracica longa und die Rr. mammarii externi der Rr. intercostales der Aa. intercostales III—V begleiten. Die doppeltcontourirten Nervenfasern der Brustwarze endigen

mit in der Spitze der Papillen gelegenen Tastkörperchen und es besitzen die ersteren keine Gefässschlingen. Nicht selten trifft man breite, in der Papillenaxe verlaufende Bündel elastischer Fasern, die sich gegen die Spitze hin radiär ausbreiten. An den Nervenstämmchen, welche in die Basis der Brustwarze eintreten, sind Vater'sche Körperchen vorhanden. Die Nerven in der Drüse sind grösstentheils Gefässnerven; doch kommen an grösseren Milchgängen hier und da doppeltcontourirte Fasern vor, die mit rundlichen Körperchen, wie es scheint Endkolben, aufhören und sind solche der äusseren Umhüllung der ersteren angelagert.

Die Brustwarze ist erectil und kann sich auf Reizung ihrer Hautnerven verlängern; jedoch sind keine cavernösen Venenplexus dabei betheiligt und der Mechanismus (S. 323) überhaupt unbekannt. — Doppeltcontourirte Nervenfasern zwischen den Acini sah Billroth (1860), Langer (1870) auch dichotomische Theilungen. — Nach v. Brunn (1874) kommen daselbst Zellen wie in der Zwischensubstanz im Hoden (S. 264) vor, die in der jungfräulichen Mamma sehr sparsam sind. — Coine (1874) injicirte Lymphspalten in dem lockeren, die Acini umgebenden Bindegewebe. — Sappey (Anat. descript. 1869, T. II) nimmt die Entdeckung des Lymphgefässnetzes in der Areola für sich in Anspruch, während dasselbe bereits von Fohmann (Mém. sur les vaiss. lymph. 1840. Taf. I) weit schöner injicirt abgebildet wurde.

Die *Milch* enthält von geformten Bestandtheilen nur kuglige Fetttröpfchen von 0,002—0,005 Durchmesser: *Milchkügelchen*. Nach Behandlung mit Aether wird das Fett gelöst und es bleiben membranartige Hüllen zurück, die sich in Osmiumsäure wie Eiweisskörper färben.

Im Beginn der Milchabsonderung vor und in den ersten Tagen nach der Entbindung führt das Colostrum dagegen eine sehr grosse Anzahl *Colostrumkörperchen*, Milchzellen, Körnchenzellen, kuglige oder etwas unregelmässige Zellen mit kugligen, im frischen Zustande ohne Zusatz nicht immer sichtbaren Kernen und dichtgedrängten kleineren und grösseren Fetttröpfchen in ihrem schwach contractilen Protoplasma. Dies sind vergrösserte, fettig infiltrirte, abgestossene Epithelialzellen der Acini, die sich fortwährend erneuern. Indem die Zelle zu Grunde geht, fliessen die kleineren Fettkörnchen zu Milchkügelchen zusammen, deren eiweissartige Hüllen einen Rest des ursprünglichen Zellenprotoplasma darstellen.

Ausserdem finden sich im Colostrum nicht constant rundliche blasse Zellen mit relativ grossem hellem Kern und kernlose, aber an Fetttröpfchen reiche Protoblasten. Erstere sind solche Epithelialzellen, von denen bei ihrem Zerfall der grössere Theil ihres Protoplasma: die letztgenannten Protoplasmaklumpen, sich abgelöst haben; sie färben sich mit Carmin (Beigel, 1868). — Nach Sinéty (1874) sind Umhüllungsmembranen an absolut frischen Milchkügelchen nicht vorhanden; sie bilden sich erst nach 1—2stündigem Stehenlassen der Milch. — In den ersten 24 Stunden nach der Entbindung kommen auch zusammenhängende, mosaik-ähnliche, aus mehr polygonalen Zellen bestehende Auskleidungen einzelner Acini freischwimmend vor.

Die **männliche Brustwarze** enthält weit kleinere, dichotomisch verästelte Ausführungsgänge, denen nur einzelne theils grössere, theils kleinere kolbige Ausstülpungen: Acini ansitzen.

Die Gänge in der Warze führen geschichtetes Platten-Epithel, dessen oberflächliche Lagen kernlos sind; sie füllen öfters das Lumen vollständig aus, während das der feineren Gänge und der Acini von abgestossenem Epithel und Fettmassen verstopft wird. Die feineren Aeste besitzen eine Strecke weit Cylinder-Epithel, dann folgt cubisches Platten-Epithel, dem sich innerhalb der Acini fetthaltige Zellen wie die der Talgdrüsen (S. 112) anschliessen. Die Ausführungsgänge sind im Vergleich zur weiblichen Mamma nur kurz; ihre Wandung zeigt dieselben aber viel dünneren Schichten, und an den engeren Gängen besteht sie aus Bindegewebe mit feinen elastischen Fasernetzen. Im Uebrigen gleicht der Bau der männlichen demjenigen der jungfräulichen Drüse und Brustwarze, was auch vom Warzenhofe und dem glatten Muskelgewebe gilt.

Die Blutgefässe und Lymphgefässe verhalten sich analog wie beim Weibe; letztere bilden in der Haut der Warze und Areola engmaschige polygonale Netze. — Die Nerven sind in der männlichen Brustwarze viel zahlreicher als in der weiblichen. Sie endigen mit denselben etwa 0,045 langen, 0,028 breiten Tastkörperchen. Auch an den hinter der Basis der Brustdrüse verlaufenden, sowie an den in die Brustwarze eintretenden Nervenstämmchen des Unterhautbindegewebes sind Vater'sche Körperchen vorhanden.

Tastkörperchen in der Brustwarze beschrieben Kölliker (1855) und W. Krause (1861). Letzterer fand in der Brustwarze des neugeborenen Mädchens 4—5, des Knaben 1—5 Vater'sche Körperchen. Langer (1851) sah dieselben an der Basis der männlichen Brustdrüse, W. Krause (1860) im Warzenhof. Von einer (1852) erwähnten, einmal gesehenen kolbenartigen Bildung in den Papillen zeigte W. Krause (Terminale Körperchen, 1860, S. 139. Anat. Unters. 1861, S. 37), dass eine Verwechslung mit einer leeren Blutgefässschlinge vorgelegen hatte.

Bauchfell.

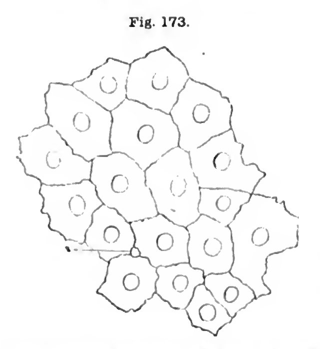
Das *Peritoneum* ist in seiner ganzen Ausdehnung gleichgebaut und nur an den Stellen nicht geschlossen, wo im weiblichen Geschlecht die Ovarien in seine Höhle hineinragen, resp. die Tuben sich in dieselbe öffnen, während im männlichen Geschlecht das Ovarium masculinum (S. 265) frei in eine ursprünglich mit der Peritonealhöhle communicirende Spalte: den Binnenraum zwischen Tunica propria und Tunica serosa des Hodens, hineinsieht.

Die Grundlage des Peritoneum, wie der serösen Häute überhaupt (S. Lymphgefässsystem) liefert fasriges Bindegewebe, dessen Bündel, der Oberfläche im Allgemeinen parallel, sich durchkreuzend verlaufen. Die freie Fläche wird von einer sehr dünnen *elastischen Basalschicht* gebildet, und letztere ist mit platten polygonalen Endothelzellen (Fig. 172 *A*) in einfacher Lage überkleidet. In der Mitte enthalten diese Zellen einen runden abgeplatteten Kern, dessen Dicke etwas grösser ist, als die der Zelle selbst. Zwischen den Zellen, deren Mosaik durch Silberbehandlung anschaulich hervortritt (Fig. 173), und deren Kerne (S. 12) durch Hämatoxylin am besten sichtbar gemacht werden können, bleiben hier und da kleine rundlich-eckige Lücken an den Ecken zusammenstossender Zellen. Dieselben sind als Oeffnungen, Stomata aufzufassen (S. 40; s. auch Lymphgefässsystem, Lymphspalten).

Fig. 172.

A Isolirte Endothelzelle vom Peritoneum; in Serum auf der Kante stehend. *B* Zwei flimmernde Platten-Epithelzellen aus der Paukenhöhle, in Serum. V. 600.

Fig. 173.



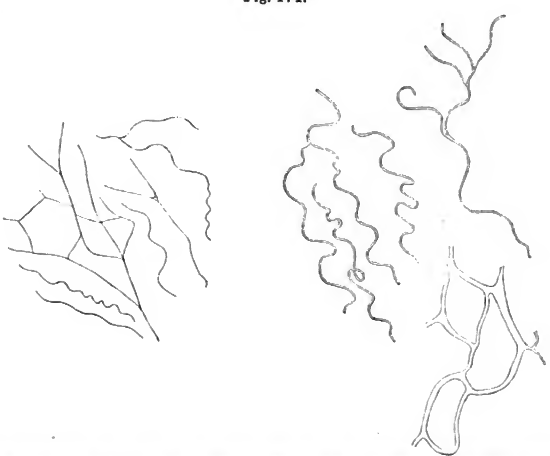
Platten-Endothelien, mosaik-ähnlich geordnet, mit Kernen und zackigen in einander greifenden Randcontouren. Vom Diaphragma, frisch mit salpetersaurem Silberoxyd und Carmin. V. 600/250. *a* Stoma zwischen drei an einander stossenden Zellen.

Die Bindegewebsbündel der *Serosa* enthalten zwischen sich längliche Inoblastenkerne und zahlreiche, netzförmig verflochtene, im Visceraltheil feine elastische Fasern, seröse Fasern (Fig. 174), während im Parietalblatt stärkere elastische Fasern sich finden. Die Aussenfläche des Peritoneum wird an der Parietalwand von *subserösem Bindegewebe* an dasjenige der Fascia transversalis angeheftet. Ersteres ist lockerer, als das der Serosa selbst, besitzt stärkere elastische Fasern; die Fascia transversalis enthält an manchen Stellen zahlreiche Fettzellengruppen. Wo das Peritoneum lockerer an die von ihm überzogenen Organe etc. angeheftet ist, zeigt sich auch das subseröse Bindegewebe mehr entwickelt: auf eine selbst microscopisch ausserordentlich dünne Lage ist dasselbe reducirt, wo es sich um fester mit ihrem serösen Ueberzug verwachsene Organe handelt, so z. B. am Dünndarm. Wenn zwei Peritonealplatten mit einander durch subseröses Bindegewebe vereinigt sind, wie im Mesenterium, Omentum majus, den Ligg. uteri lata etc., ist

dasselbe zu einer einzigen Zwischenschicht verschmolzen, und pflegt mehr oder weniger Fettzellengruppen zu enthalten.



Fig. 174.



Frisch, mit Natron. V. 500. Links feine elastische Fasern aus dem Peritoneum. Rechts elastische Fasern und rechts unten elastisches Netz aus dem Unterhautbindegewebe.

Eine abweichende Beschaffenheit bietet der Endothel-Ueberzug des **Omentum majus**. Die mit freiem Auge sichtbare, netzförmige Durchbrechung wiederholt sich auch im microscopischen Präparat an den freien Rändern des Netzes, und in letzterem sind nirgends Spuren seiner fötalen Entstehung aus vier Lamellen nachweisbar. Mit den durchbrochenen Stellen wechseln continuirliche ab: in letzteren ist nämlich der Verlauf der Bindegewebsbündel continuirlich; an ersteren liegen theils spaltförmige Lücken zwischen abgeplatteten, stärkeren Bindegewebsbalken, theils sind weite, von feinen, öfters nur 0,008 breiten Bälkchen gebildete Zwischenräume vorhanden. Die feineren Balken besitzen nur Kerne, welche ihren Endothelien angehören; sie enthalten feine elastische Fasern oder werden zum Theil von solchen umsponnen. Von einer continuirlichen Lage polygonaler Endothelien sind auch die ein netzförmiges Maschenwerk bildenden Bindegewebsbalken überzogen; an den feineren unter den letzteren fehlt jedoch dieser Ueberzug streckenweise.

Bei kleineren Säugethieren: Hund, Katze, Kaninchen etc. sind die feinsten Bälkchen ausserordentlich zierlich: theils bilden sie regelmässige, viereckige (Hund) oder unregelmässige Maschen (Katze), theils nehmen sie sich wie eine von rundlichen Löchern durchbohrte Platte (Kaninchen) aus. Ihr Ueberzug ist, jedoch mit Ausnahme der feinsten Bälkchen, ebenfalls ein continuirlicher, und wird derselbe von langgestreckten, der Längsrichtung der Bälkchen folgenden Endothelzellen gebildet. Letztere erzeugen halbrinnenförmige Scheiden, öfters ist auch der grösste Theil einer Stelle der Balkenperipherie von einer einzigen Endothelzelle umscheidet (Finkam, 1871). — Klein (1873) beschrieb einzelne kleinste Lymphfollikel des Netzes beim Kaninchen, Meerschweinchen, Hund, Affen und der Katze als perilymphangiale Knötchen. Derselbe schildert Gruppen mehr cylindrischer Zellen, die inselförmig wie beim Frosch (S. 40) und um ein Stoma gruppirt, wie es scheint, besonders bei nicht ausgewachsenen Säugethieren vorkommen, vom Omentum majus des Kaninchens und Hundes, vom Centrum tendineum diaphragmatis beim Meerschweinchen, Kaninchen, Hund, Katze, Affen — (und auch von der Pleura mediastini der letztgenannten drei Thiere). Ausserdem werden häufig Entwicklungsstadien (S. 54) von anfangs sternförmigen Fettzellen angetroffen.

Glatte Muskelfasern enthält das Peritoneum im subserösen Gewebe des Uterus, der Ligg. uteri lata, der Plicae recto-uterinae, und rectovesicales beim Manne, ferner in der Plica ileo-coecalis, in welche sie von der Längsmuskelschicht des Coecum fächerförmig eine kleine Strecke weit ausstrahlen.

Die Blutgefässe des Peritoneum stammen von denjenigen der von ihm umhüllten Organe; über die speciellen Verhältnisse der Anastomosenbildungen sind letztere zu vergleichen. Kleine Arterien und Venen verlaufen im subserösen Bindegewebe der Oberfläche parallel; die Capillaren bilden ein mit polygonalen mehr gleichseitigen oder nach der Längsrichtung der Organe gestreckten Maschen in der Peritonealebene ausgedehntes Netz; sie reichen bis unmittelbar an die Endothelien der freien Oberfläche heran.

Im Omentum majus kleinerer Säugethiere zeichnen sich manche Capillaren durch ihren sehr langen (S. 322) isolirten Verlauf in der Axe der feineren Bindegewebsbälkchen aus; die feinsten der letzteren sind gefässlos. Sie können, wie es scheint, mit Nervenfasern verwechselt werden (Finkam, 1874, gegen Cyon, 1868).

Lymphgefässe verlaufen als stärkere Stämmchen im subserösen Bindegewebe, zahlreicher und Plexus bildend, an Stellen, wo die umhüllten Organe reichlichen Lymphabfluss liefern, wie im Darm und den Ligg. uteri lata. Lymphcapillaren sind nur an wenigen Stellen vorhanden, resp. injicirt worden, namentlich an der unteren Fläche des Diaphragma. Stets liegen in solchem Falle die Blutcapillaren der Oberfläche näher; die Knotenpunkte ihrer Netze fallen nicht mit denjenigen der Lymphcapillaren zusammen, sondern bleiben davon möglichst weit entfernt; kurze Ausläufer des Netzes gehen schräg gegen die freie Oberfläche und endigen mit den (S. 296) erwähnten Stomata (S. Lymphgefässsystem). Man kann daher die Höhle des Peritoneum als einen einzigen grossen Lymphsack (abgesehen von ihren Bezügen zur Ueberwanderung der Eier vom Ovarium zu den Tuben (S. 254) betrachten.

Die Nerven des Peritoneum sind sparsam; sie verlaufen in den Gefässnervenstämmchen, und diese bestehen aus blassen kernführenden Fasern mit wenigen feinen dunkelrandigen (S. Nervensystem). Ihre Endigung ist unbekannt.

Die Nerven sollen an der Leber (S. 229) vom N. phrenicus stammen: am Peritoneal-Ueberzuge des Diaphragma aus den Plexus phrenici. — Jullien (1872) beschrieb vom Menschen birnförmige Nervenkapseln (S. Nervensystem) als Endorgane, die sich als Verwechslung embryonaler, im Netz Erwachsener hier und da erhalten bleibender, stern- oder spindelförmiger Bindegewebszellen herausgestellt haben (Finkam, 1874). Dagegen existiren im Peritoneum der hinteren Bauchwand beim Frosche diesem selbst angehörende, feine doppeltcontourirte Nervenfasern (Cyon, 1868), die sich dichotomisch theilen und scheinbar frei mit feinen Spitzen auslaufen, ohne dass an solchen Stellen anderweitige Organisationen, etwa Flimmer-Epithel oder glatte Muskelfasern zu erkennen wären.

Bei der Katze endigen die doppeltcontourirten Nervenfasern, welche in den Gefässnervenstämmchen des Mesenterium verlaufen, sämmtlich mit *Vater'schen Körperchen*. Sie wurden an diesem Orte zuerst von Lacauchie (1843) gesehen. Eingeschlossen zwischen die beiden Platten der Serosa liegt ihre Längsaxe, radiär von der Anheftungsstelle des Mesenterium nach dem Dünndarm gerichtet, welchem letzteren ihr peripherischer Pol zugekehrt ist. Beim Leoparden hat man sie vermisst (Herbst, 1848), bei der wilden Katze dagegen constatirt (W. Krause, 1860). Ihre Anzahl beträgt 20—160; bei fettreichen Thieren ist es schwer, alle vorhandenen aufzufinden. Auch am Mesocolon der Katze kommen sie in verschiedener Anzahl vor (2—79, Herbst); ebenso am Mesocolon des Kaninchens (2 Stück, Hassall, 1846—49; Herbst, 1850). Nach Analogie ist zu schliessen, dass bei anderen Säugethieren anderweitige Terminalkörperchen (S. Nervensystem), namentlich Endkolben, ihre Stelle vertreten, bis jetzt ist es jedoch nicht gelungen, solche aufzufinden. Auch im Parietalblatt des Peritoneum, welches die Vorderfläche des Pancreas überzieht, finden sie sich bei der Katze (40—60) und am Plexus coeliacus des Menschen (Pacini, 1836).

Gefässsystem.

Das Gefässsystem ist nächst dem Bindegewebe am meisten allgemein im Körper verbreitet, und besteht aus einer sehr grossen Anzahl häutiger, unter einander zusammenhängender Röhren oder Kanäle, den Gefässen oder Adern, und ihrem gemeinschaftlichen Mittelpunkte, dem Herzen. Das *Herz, Cor,* ist eine grössere musculöse Höhle, durch eine Scheidewand in eine rechte und linke Hälfte abgetheilt, von denen jede wiederum in eine Herzkammer und Vorhof zerfällt: diese stehen unter einander durch mit Klappen versehene Oeffnungen in Verbindung, so dass das ganze Herz die Einrichtung einer doppelten Saug- und Druckpumpe darbietet. Die *Gefässe, Vasa,* werden nach ihrem Inhalte unterschieden in *Blutgefässe, Vasa sanguifera* (Blutgefässsystem), welche wiederum in *Schlag-* oder *Pulsadern*, *Arteriae* (Arteriensystem), und *Blutadern, Venae* (Venensystem), zerfallen: und in *Lymphgefässe* oder *Saugadern*, *Vasa lymphatica* s. *absorbentia* (Lymphgefässsystem).

Als Anhänge des Gefässsystems werden einige Drüsen-ähnliche (S. 323) Apparate betrachtet: die Gl. coccygea und intercarotica gehören dem arteriellen; die Lymphdrüsen, sowie die Gl. thymus, dem Lymphgefässsystem an.

Blutgefässsystem.

Herz.

Am Herzen sind das Pericardium, der Herzmuskel und das Endocardium zu unterscheiden.

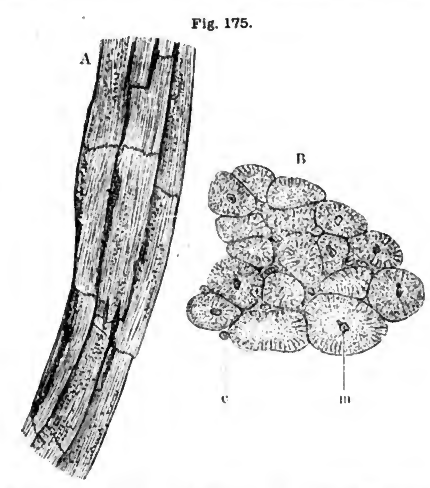
Zwei Blätter, wie bei der serösen Haut der Bauchhöhle, bilden das **Pericardium.** Einschichtiges Platten-Epithel überzieht die Innenflächen beider Blätter, daran schliesst sich Bindegewebe mit feinen elastischen Fasern, wie im Peritoneum (Fig. 174), welche beiden Structurtheile im Parietalblatt mehr entwickelt sind, woselbst auch stärkere elastische Fasern in grösserer Anzahl sich finden.

Die Blutgefässe stammen von den Aa. pericardiaco-phrenica aus der A. mammaria interna und den Aa. mediastinae posteriores, sowie den Vv. pericardiaco-phrenicae, azygos und hemiazygos; sie verhalten sich wie im Peritoneum und setzen sich in mitunter vorkommende, zottenförmige Anhänge, Villi pericardiaci, der Auriculae fort, welche Anhänge wie die der Pleuren (S. 204) beschaffen sind. — Lymphgefässe begleiten die Nerven- und Arterienstämmchen, bieten häufige rechtwinklige Knickungen, im Visceralblatt an der unteren Fläche des Herzens einen mehr gestreckten Verlauf und endigen in beiden Blättern mittelst eines Lymphcapillarnetzes mit rechtwinkligen Maschen. — Nervenstämmchen sind nur im Parietalblatt bekannt, sie stammen vom N. phrenicus, namentlich vom dexter, vom N. vagus dexter, nahe unter der Abgangsstelle des N. recurrens; ausserdem werden die Blutgefässe von solchen begleitet.

Eberth und Belajeff (1866), sowie Wedl (1871), injicirten die Lymphgefässe des Pericardium beim Hund, der Katze, Kaninchen, Kalb, Rind, Schaf, Pferd, Schwein. — Skworzow (Arch. f. Physiol. 1874, S. 596) schrieb dem Endothel Stomata zu. Luschka (1853) hat die erwähnten Nerven nachgewiesen; nach Analogie mit denen des Peritoneum (S. 298) sind sie für sensibel zu halten, obgleich ihre Endigung unbekannt ist. — Das dem Herzen aufgelagerte Visceralblatt wird *Epicardium* genannt.

Der **Herzmuskel** besteht aus kürzeren oder längeren, quergestreiften Zellen (Fig. 175), von länglich-prismatischer Form, die in der Nachbarschaft des Endocards kürzer sind, während im Uebrigen die längeren Elemente vorwiegen. Die Grenzen dieser *Muskelzellen des Herzens* werden durch Silber schwarz gefärbt, erscheinen nach 24stündiger Maceration in concentrirter Chlornatrium-Lösung deutlich und hell; durch Maceration sowohl des frischen Herzmuskels, als der Silber-Präparate in 33%iger Kali- oder Natronlauge, nach Einlegen in H. Müller'sche Flüssigkeit und nachher in Glycerin, sowie durch concentrirte, auf 50° erwärmte Oxalsäure-Lösung, weniger bequem nach Anwendung 25%iger Chlorwasserstoffsäure, concentrirter Salpetersäure und nachheriges Einlegen in Glycerin etc. sind sie isolirbar. Ein sehr zartes, ebenso wie die Querlinien erst bei 800facher Vergrösserung sicher erkennbares Sarcolem umgibt sie an ihren Seitenflächen; die anisotrope und isotrope Substanz sind in Muskelkästchen von nur 0,0013 Höhe eingeschlossen: die von der Abwechslung isotroper und anisotroper Scheiben abhängige Querstreifung ist daher in der Längsansicht sehr dicht und fein. Am deutlichsten erscheinen die Querlinien als feinere, an isolirten Muskelkästchenreihen mitunter über die Muskelprismen der anisotropen Substanz hinausragende, dunkle Linien nach Einlegen in 0,2%iger Chromsäure-Lösung. — Auf dem Querschnitt zeigt sich, dass die Muskelkerne stets nahe der Zellenaxe gelegen sind: da sie zugleich gewöhnlich im Centrum der Zelle sitzen, so enthält in hinlänglich feinen Durchschnitten scheinbar nicht jede Zelle einen Kern (Fig. 175 *B*). Seltener kommen zwei Kerne in einer Muskelzelle vor, die auch nahe hinter einander sitzen können und dann etwas kleiner zu sein pflegen: solche Bilder deuten auf eine Vermehrung der Muskelzellen durch Theilung, die beim Erwachsenen noch nicht ganz aufgehört hat. Vielleicht sind die Muskelkästchen radiär gestellt und nehmen nach der Peripherie der Zelle etwas an Breite und Dicke zu; wenigstens kann man so die mitunter auftretende radiäre Streifung des Querschnittes deuten (Fig. 175 *B*), die auch an Alkohol-Essigsäure-Präparaten zu beobachten ist. An den Grenzen, mit

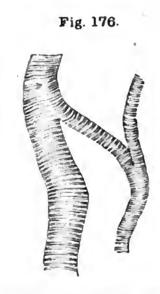
Fig. 175.



Muskelfasern des Herzens. *A* Längsansicht; die Grenzen der Muskelzellen durch 0,25%iges salpetersaures Silberoxyd dunkel gefärbt. V. 600/350. *B* Querschnitt, Alkohol, Carmin, Essigsäure. *m* Muskelkern im Centrum der Zelle gelegen. *c* Kern einer Blutcapillare. V. 600/400.

welchen die in der Längsrichtung gesehenen Muskelzellen an einander stossen, ist kein Sarcolem nachweisbar; dafür zeigt sich nach Silberbehandlung eine sich schwärzende Kittsubstanz in der ganzen Dicke der Grenzflächen, und letztere sind nicht nur öfters treppenförmig abgestuft, oder zum Theil feingezähnelt, sondern es kommen auch einfache dichotomische, seltener successiv wiederholte dichotomische oder trichotomische Theilungen der Zellen-Enden vor (Fig. 175 *A*), wodurch eine Zelle mit zwei oder drei dergleichen, die in der Längs- resp. Seitenrichtung sich anschliessen, verschmilzt. Auf diese Art entstehen netzförmige Anastomosen (Fig. 176) der *primären Muskelbündel*, Muskelfasern, Muskelzellenbalken oder -Ketten, zu welchen die Muskelzellen, wenn einfach frisch untersucht, angeordnet erscheinen. Zwischen den Muskelkästchenreihen bleiben hier und da längliche Spalträume (Fig. 175 *A*), die bei älteren Menschen häufig gelbliche oder bräunliche Pigment-, auch Fettkörnchen führen: sie pflegen an den Polen der Kerne stärker angehäuft zu sein. Letztere enthalten ein bis zwei Kernkörperchen, und sind von länglich-ellipsoidischer Form.

Fig. 176.



Anastomose von zwei primären Muskelbündeln des Herzens, frisch mit Eiweiss. V. 400/200.

In den Vorhöfen sind in der Nachbarschaft des Endocards die primären, anastomosirenden Muskelbündel zu grösseren, ebenfalls anastomosirenden, länglich-platten *secundären* Muskelbündeln geordnet. Grössere zusammengesetzte Bündel, die als *tertiäre* bezeichnet werden können, treten als Trabeculae in den Auriculae auf, bilden dichtere Massen in den Atrien selbst, deren Faserzug im Allgemeinen eine äussere circuläre und innere longitudinale Richtung erkennen lässt. — In den Ventrikeln dagegen ist die Faserrichtung aussen eine longitudinale; dann folgt eine die Hauptmasse des Herzmuskels ausmachende mittlere, circuläre, eigentlich spiralige, jedoch einzelne longitudinale Bündel enthaltende und eine schwache, innere, longitudinale, mit der circulären mehrfach wiederholt anastomosirende Lage, zu welcher noch die Trabekeln und Papillarmuskeln der Innenwandungen gehören. Die mittlere Lage zerfällt in zahlreiche, windschief gebogene, im Allgemeinen mit ihren Flächen quer zur Längsaxe des Ventrikels gestellte, durch Bindegewebe getrennte Blätter oder *Muskellamellen*, die vielfach unter einander zusammenhängen. Dieselben sind als grosse, abgeplattete, tertiäre Bündel zu betrachten. Ueber den speciellen Verlauf der Herzmuskelfasern s. Bd. II.

Die netzförmigen Anastomosen der primären Muskelbündel entdeckte Leeuwenhoek (1695), die Querstreifung derselben C. Krause (1833), ihre Zusammensetzung aus Muskelzellen Eberth (1866). — Bei Amphibien und Fischen sind die Muskelzellen länger, die secundären Bündel schärfer gesondert, die primären dagegen sehr dicht an einander gelagert, wodurch eine grössere Aehnlichkeit mit Bündeln glatter Muskelzellen entsteht, da auch die Herzmuskelzellen bei den genannten Thieren einen langen centralen Kern enthalten. Die Herzen von höheren Wirbelthieren haben dagegen mit denen des Menschen homologen Bau, und sind ihre primären Muskelbündel (Muskelfasern, Fig. 176) jede einem primären Bündel glatten Muskelgewebes homolog, indessen nur aus einer einzigen Muskelzellenreihe bestehend.

Das **Endocardium** wird an seiner Innenfläche von einer einfachen Lage polygonaler, platter, kernhaltiger Endothelien bekleidet. Auf dieselbe folgt eine aus feinen elastischen Fasernetzen gebildete Schicht, dann eine bindegewebige mit zahlreichen Inoblastenkernen. Sie enthält in den Vorhöfen stärkere elastische Fasernetze, die sich stellenweise zu gefensterten Membranen (S. Arterien, S. 309) vereinigen. Nach aussen heftet etwas lockeres Bindegewebe mit elastischen Fasern das Endocard an die Musculatur; doch fehlt diese Lage an den Mm. pectinati und Trabekeln.

Das **Tuberculum Loweri** des rechten Vorhofs enthält eine auf dem Querschnitt halbmondförmige, convex in den rechten Vorhof vorspringende Fettzellenmasse, die zwischen den Muskelschichten des linken und rechten Vorhofs eingeschlossen ist.

Die **Valvula Eustachii** besitzt netzförmig angeordnete primäre und secundäre Muskelbündel; in der **Fossa ovalis** besteht die Musculatur aus getrennten secundären Bündeln, die vom unteren und rechten Rande hereinstrahlen. Das zwischen den Endocardlamellen beider Vorhöfe gelegene Bindegewebe enthält zahlreiche elastische Fasern und bündelförmig geordnete Kerne, die glatten Muskelkernen gleichen.

Die **Valvula Thebesii** besitzt zahlreiche Muskelbündel, welche concentrisch und ihrem freien Rande parallel laufend aus der inneren Muskellage des Vorhofs in sie einstrahlen.

Die Annuli fibrosi an den Ostia atrio-ventricularia und ihre Verdickungen am hinteren Lappen der Valv. mitralis werden von festen, gekreuzten Bindegewebsbündeln und zahlreichen elastischen Fasern gebildet.

Die **Pars membranacea septi** enthält dieselben Bestandtheile, ausserdem sparsame netzförmige platte Bündel glatter Muskelfasern.

Die **Atrioventricularklappen** haben an der Vorhofsseite eine stärkere Endocardlage, als an der Ventrikelseite; auf den Chordae tendineae ist nur die innerste elastische Schicht des Endocardium vorhanden. In die Klappen hinein reichen bis auf etwa ein Drittel ihres radiären Durchmessers quergestreifte, mit der Vorhofsmusculatur im Zusammenhang stehende, primäre Muskelbündel; sie bilden eine etwas dickere, an der Vorhofsseite gelegene, radiäre Längsmuskelschicht, die etwas weiter (und zwar bis zum Ansatz der Chordae tendineae zweiter Ordnung an die dem Ventrikel zugekehrte Seite der Klappen) reicht, als die der letzteren Seite näher gelegene, dem Umfange der Klappe concentrisch folgende, quere Muskelschicht. Die Musculatur der Klappen ahmt im Ganzen deren Form in verkleinertem Maassstabe nach; ihre Innengrenzen sind also ebenfalls lappig und zackig: am stärksten entwickelt ist sie im vorderen, am schwächsten im hinteren Lappen der Valv. mitralis; die Lappen der Valv. tricuspidalis stehen in dieser Beziehung in der Mitte. — Ueber die aufhörende Muskellage hinaus erstreckt sich an jedem Lappen eine mit den elastischen Netzen des Endocardium zusammenhängende, von den Annuli fibrosi der Ostia atrio-ventricularia kommende Bindegewebsschicht, die aus festeren, radiär verlaufenden, mit stärkeren elastischen Fasernetzen umflochtenen Bündeln besteht. Die Mm. papillares setzen sich mitunter eine Strecke weit in die stärkeren Chordae tendineae der Valv. mitralis fort; auch kommen isolirte Muskelbündel in letzteren vor.

Die **Semilunarklappen** der Aorta und A. pulmonalis haben an ihrer oberen, dem Arterien-Lumen zugekehrten Fläche eine dünne elastische Schicht, dann folgt eine Bindegewebslage, welche ungefähr die Hälfte der Klappe ihrer Dicke nach einnimmt. Die Bündel verlaufen dem freien Klappenrande parallel, resp. concentrisch, sind von elastischen Fasern umgeben und werden von radiär verlaufenden, netzförmig anastomosirenden, stärkeren Bindegewebsbalken, namentlich an ihrer oberen Fläche, durchsetzt. Von der Wand erstreckt sich bis in die Mitte der Klappe ihrer Breite nach eine axiale Platte lockeren Bindegewebes, welche in diesem Abschnitt die Verbindung mit der unteren, der innersten Faserlage des Endocards entsprechenden und wie diese gebauten, elastischen Schicht herstellt. Die Noduli der Klappen bestehen aus sich dicht durchflechtenden feinen elastischen Fasern mit in die letzteren selbst eingelagerten zahlreichen Kernen wie die der Knötchen in den Ligg. thyreo-arytaenoidea inferiora (S. 197).

Die innere Muskelschicht der Ventrikel wird als dem Endocard angehörig und mit demselben zusammen incl. der glatten Muskelfasern (der Pars membranacea septi) als homologe Fortsetzung der Wandungen der grossen in das Herz mündenden Gefässstämme betrachtet (Schweigger-Seidel, 1869). — Die Spalten zwischen den secundären Muskelbündeln und namentlich den Muskellamellen sind nach Schweigger-Seidel von Endothel ausgekleidete Lymphspalten und jedenfalls leicht injicirbar. — Mit dem Sarcolem der Muskelzellen ist das zarte Perimysium internum nicht zu verwechseln, welches sie an ihren Längsseiten umgibt.

Bei manchen Thieren kommen, dicht unter dem Endocard der Ventrikel, mit blossem Auge sichtbare Netze grauer **Purkyňe'scher Fäden** vor, die Purkyňe (1845) entdeckt hat. Es sind secundäre, aus Reihen von polyedrischen, auf embryonaler Entwicklungsstufe stehen gebliebenen contractilen (Kölliker, 1852) Muskelzellen zusammengesetzte Muskelbündel, deren Zellen nur an ihrer Peripherie quergestreift sind, während in der Axe, woselbst auch der Kern sitzt, die Sonderung des contractilen Protoplasma in anisotrope und isotrope Substanz gar nicht oder nur in Form einzelner eingelagerter Muskelkästchenreihen eingetreten ist. Constatirt sind sie beim Reh, Schaf, Kalb, Rind, Schwein, Pferd (Purkyňe), der Ziege (Lehnert, 1868); ferner beschrieben beim Marder und Igel (Aeby, 1863), Hund, Huhn, der Taube und Gans (Obermeier, 1866); sie fehlen dem Menschen, Kaninchen etc. und niederen Wirbelthieren.

Die Blutgefässe des Herzmuskels stammen aus den Vasa coronaria cordis. Nur die grösseren arteriellen und venösen Gefässe verlaufen im lockeren Bindegewebe zwischen den tertiären Bündeln, resp. den Muskellamellen der Ventrikel; die feineren und die Capillaren dringen zwischen die primären Muskelbündel ein, wobei die Haargefässe der Längsrichtung der letzteren folgen und wie in anderen quergestreiften Muskeln anastomosiren (S. 92). Zwischen mittlerer und innerer Muskellage, sowie zwischen der letzteren und dem Endocard verlaufen stärkere Gefässe, das Endocard selbst ist in seiner innersten elastischen Grenz-

schicht gefässlos; dagegen setzen sich Blutgefässe in sämmtliche Klappen und auch in die Chordae tendineae fort; am sparsamsten in die Valvulae semilunares, woselbst sie innerhalb der axialen Platte in radiärer Richtung verlaufen. Die der Papillarmuskeln und ihrer stärkeren Chorden anastomosiren mit denjenigen der Klappen.

Die **Lymphgefässe** verhalten sich im Endocardium wie die des Pericardium (S. 299), sie dringen mit feineren und weitmaschigeren Capillarnetzen auch in die Klappen: in die Valvulae semilunares, wenigstens soweit deren axiale Bindegewebsplatte reicht, nicht aber in die Chordae tendineae. Das Lymphgefässnetz des Herzmuskels ist spärlicher und finden sich keine grösseren Anastomosen zwischen denen des Endocards und Pericards: wenigstens ist das eine nicht vom anderen aus füllbar.

Die **Nerven** des Herzens stammen von den Plexus coronarii. Zahlreiche microscopische *Ganglien* sind denselben eingelagert: gangliöse Plexus liegen im Sulcus longitudinalis und namentlich im Sulcus atrio-ventricularis; sie sind ringförmig geschlossen und folgen den Anastomosen der Coronar-Aterien; kleinere Zellen-Anhäufungen zeigen sich im Herzmuskel selbst.

Der feinere Bau der Ganglien ist wie bei den sympathischen Ganglien überhaupt (S. Nervensystem); es scheinen meist bipolare Zellen vorhanden zu sein. Die grössten Anhäufungen von Ganglienzellen liegen an der V. cava superior, nahe ihrer Einmündung. Die Nervenfasern sind theils blasse, theils doppeltcontourirte; an den Herzmuskel vertheilen sich die ersteren: resp. gehen die letzteren in solche über, indem sie ihr Mark verlieren. Zahlreiche Stämmchen feiner dunkelrandiger Nervenfasern bilden zwischen Endocardium und Herzmuskel einen ganglienlosen Plexus, aus welchem einzelne Fasern in das Endocard selbst eindringen; ihre Endigung ist unbekannt. — Die Nerven des Pericardium s. S. 299; über den Plexus cardiacus Bd. II.

Sappey (1869) beschreibt ein grösseres Remak'sches Ganglion an der Einmündung der V. cava superior, ein zweites Bidder'sches an der Valvula mitralis, ein drittes Ludwig'sches an der Auricula dextra. — Bei Säugethieren verhalten sich die Herznerven wie beim Menschen; bei kleineren Thieren sind sie am leichtesten zu erforschen. Die Ganglien im Sulcus atrio-ventricularis und im Herzmuskel entdeckte Remak (1838). Bei Vögeln liegt das grösste, Tausende von Ganglienzellen zählende Ganglion am hinteren Kreuzungspunkte der Sulci longitudinalis und atrio-ventricularis (Schklarewski, 1872). Beim Frosch sind die Zellen in der durchsichtigen Scheidewand beider Atrien leicht aufzufinden; sie sitzen öfters isolirt und wie gestielt den Nervenstämmchen an: der Stiel wird von zwei Nervenfasern, einer geraden und einer meist spiralig verlaufenden gebildet. Die an den Herzmuskel tretenden, doppeltcontourirten Fasern gehen auch beim Frosch in feinste marklose, hier und da mit Neurilemkernen besetzte Nervenfasern über, die sich unter letzten dichotomischen Theilungen an den Rand von secundären Muskelbündeln (S. 301) anlegen. Keineswegs erhält jede Muskelzelle eine Nervenfaser. Die aus der letzten Theilung hervorgegangenen Endäste (Kölliker, 1862; Schweigger-Seidel, 1869; Langerhans, 1873) verlaufen eine Strecke weit dem Rande des Muskelbündels parallel und hören dann sehr fein und zugespitzt auf, ohne in letztere einzudringen: es gleicht die Endigung vollständig derjenigen an glatten Muskelbündeln (s. Nervensystem; Fig. 177). Gerade so verhalten sich beim Kaninchen auch die Nervenendigungen im Herzmuskel, nur dass hier an Stelle der secundären Muskelbündel des Herzens niederer Wirbelthiere, oder der glatten Muskeln überhaupt, die primären Bündel (Muskelfasern) treten, welche letzteren dem Frosch fehlen (S. 301). Diese Bilder deutet W. Krause (Anat. d. Kaninchens, 1868) als motorische Endplatten — von Weidenblatt-ähnlicher Gestalt, wie sie in mehr entwickelter Form beim Frosch häufig sind (W. Krause, die motorischen Endplatten, 1869, S. 98) und es würden mithin die eigenthümlichen Wirkungen der Herznerven keinesfalls aus ihrer Endigungsform erklärbar sein. — Das Auslaufen in feinste spitzendigende Fäserchen sah R. Wagner (1853) mit Martin einmal beim Hecht.

Der R. cardiacus N. vagi verläuft beim Kaninchen anfangs in der Scheide des N. laryngeus superior, was auch beim Menschen vorkommt, dieser Ast ist als N. depressor (Ludwig u. Thiry, 1864) bezeichnet und ohne Zweifel beim Menschen und Säugethiere derselbe Nerv (W. Krause, Anat. d. Kaninchens, 1868, S. VI, S. 236). Das Ganglion stellatum, welches den N. cardiacus inferior abgibt, ist identisch mit dem Ganglion cervicale inferius.

Fig. 177.



Bündel von glatten Muskelfasern aus der äusseren Schicht der Harnblase vom Kaninchen nahe der Eintrittsstelle des Ureters, nach 24stündiger Maceration in verdünnter Essigsäure. V. 800/470. *n* blasse Nervenfasern mit Neurilemkernen, von denen eine am Rande des Muskelbündels sich verliert.

Die *Blutgefässe* der Semilunarklappen sind auch beim Schwein nachgewiesen (Luschka, 1856); am bequemsten lassen sich die der A. pulmonalis mit kaltflüssigem Berlinerblau injiciren. — Die *Lymphgefässe* des Encodardium wurden von Pappenheim (1851) entdeckt, von Robin (s. Sappey, 1869) beim Menschen, durch Belajeff (1866) bei Säugethieren constatirt; von Robin beim Pferde mit Silber dargestellt und von Sappey (1869) beim Rinde mit Quecksilber gefüllt.

Blutgefässe.

Das Herz und die Blutgefässe enthalten das Blut, welches durch die Arterien zu allen Organen hingeführt, durch die Venen aber zum Herzen zurückgeleitet wird: folglich stehen die Arterien und Venen mit dem Herzen in unmittelbarer Verbindung, erstere mit den Herzkammern, letztere mit den Vorhöfen. Der Blutumlauf geht in zwei verschiedenen Richtungen vor sich, indem das Blut aus der linken Herzkammer durch die Körperarterien oder das Aortensystem zu allen Organen strömt, und durch die Körpervenen oder das Hohlvenensystem zum rechten Vorhof zurückfliesst: d. i. der grosse oder Körperkreislauf, *Circulus sanguinis major* s. *aorticus:* — alsdann aber aus der rechten Herzkammer durch die Lungenarterien in die Lungen, und aus diesen durch die Lungenvenen zum linken Vorhof geführt wird: d. i. der kleine oder Lungenkreislauf, *Circulus sanguinis minor* s. *pulmonalis.* Hiernach zerfallen Herz und Blutgefässe in die Abtheilungen des grossen und kleinen Kreislaufs: zu dem ersteren gehören die linke Herzkammer, die Körperarterien, die Körpervenen und der rechte Vorhof; zum zweiten die rechte Herzkammer, die Lungenarterien, die Lungenvenen und der linke Vorhof. Nach der Verschiedenheit des Blutes in den einzelnen Abtheilungen des Gefässsystems unterscheidet man auch das System des hellrothen und dunkelrothen (arteriellen und venösen) Blutes; zum ersteren gehört die linke Herzhälfte, die Körperarterien und Lungenvenen; zum letzteren das rechte Herz, die Körpervenen und Lungenarterien.

Dem Laufe der Säfte nach ist der Anfang der Arterien im Herzen, der Anfang der Venen dagegen vom Herzen entfernt, in den Organen, aufzusuchen. Betrachtet man aber die allgemeine Anordnung der Gefässe vom Herzen, dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte, aus: so zeigen sich die grössten Gefässstämme in der Nähe desselben, und verbreiten sich von hier aus baumförmig nach allen Richtungen, indem sich die grösseren Stämme in kleinere Stämmchen, Aeste, Zweige und Reiser spalten — *Ramificatio vasorum.* Am häufigsten geschieht diese unter spitzen Winkeln; öfters gabelförmig; nicht selten auch unter einem rechten und sogar stumpfen Winkel (rückläufige Gefässe; Aa. recurrentes); oder ein Stamm beschreibt einen Bogen, von welchem die Aeste, und zwar vorzüglich von der convexen Seite des Bogens, entspringen. Im Allgemeinen ist die mittlere Länge eines Gefässes um so geringer, je kleiner sein mittlerer Durchmesser ist. Für die oberflächliche Betrachtung scheint ein wichtiger Unterschied in den Circulations-Verhältnissen dadurch bedingt zu werden, ob die Gefässe unter sehr spitzen (z. B. Aa. spermaticae internae) oder fast rechten Winkeln (Aa. renales) aus dem Stamme entspringen. Wenn jedoch die Widerstände gross sind im Verhältniss zur lebendigen Kraft des einzelnen bewegten Flüssigkeitstheilchens — und dies ist im Gefässsystem immer der Fall — so wird der Unterschied unmerklich. Dagegen ist es nicht nur in hydraulischer Beziehung von grosser Wichtigkeit, ob die zuführenden Arterien lang und eng oder weit und kurz sind (wie in den angeführten Beispielen), denn im letzteren Falle erhöht sich der Seitendruck des Blutes innerhalb des versorgten Organs. — Von einer Spaltung zur anderen verändert das Gefäss sein Kaliber (*Lumen*) nicht; die Aeste sind zwar absolut kleiner als der Stamm, aus dem sie entspringen, jedoch wächst ihr Kaliber im Verhältniss zu dem des Stammes bei jeder Spaltung, so dass die vereinigt gedachten Aeste bedeutend weiter sind, einen ansehnlicheren Hohlraum enthalten als der Stamm. Die Summe der mittleren Querschnitte der Aeste ist jedoch bei den

Arterien nicht beträchtlich grösser als der Querschnitt des Stammes: erstere verhält sich beispielsweise (letzterer = 1, nach Donders und Jansen):

Arcus Aortae	= 1,055
Carotis communis	= 1,013
Subclavia	= 1,055
Iliaca communis	= 0,982
Anonyma	= 1,147
Carotis externa	= 1,190
Aorta über den Iliacae	= 0,893
Iliaca externa	= 1,150

Man sieht: die Aorta über den Iliacae und die Iliaca communis über den Iliacae interna und externa machen eine Ausnahme von jenem Gesetz, welche sich aus der Entwicklungsgeschichte durch den Umstand erläutern lässt, dass im Fötalzustande eine beträchtliche, später obliterirende A. umbilicalis einen Hauptast der A. iliaca interna darstellt. Ursprünglich ist also auch hier ohne Zweifel das Gesetz durchgreifend.

Manche Organe und Abtheilungen des Körpers erhalten aus verschiedenen Stämmen oder Aesten der Arterien gleichzeitig Gefässe, wobei öfters einzelne Gefässe derselben Art wieder zusammenfliessen, worauf sie von Neuem sich verzweigen. Eine solche Zusammenmündung zweier Gefässe — *Anastomosis vasorum* — findet um so häufiger statt, je kleiner und vom Herzen entfernter die Gefässe sind; sie erfolgt gewöhnlich in einem Bogen, seltener durch Queräste zwischen zwei parallel-laufenden Gefässen oder unter spitzen Winkeln. In viel ausgedehnterem Maasse findet die Verbindung und öfters nur durch ganz kurze Querstücke bei den Venen statt, woselbst sie als *Communiciren* der letzteren unter einander bezeichnet werden kann. Verbinden sich mehrere kleinere Gefässe vermittelst zahlreicher Anastomosen in einer Fläche, so entsteht ein *Gefässnetz, Rete vasculosum:* hat dieses eine gewisse Dicke, indem viele Gefässe nicht nur in einer Fläche, sondern auch in der Tiefe mit einander sich vereinigen, so nennt man es ein *Gefässgeflecht, Plexus vasculosus.* Ist der Hauptstamm verschlossen oder unvollkommen ausgebildet, so erweitern sich die anastomosirenden Bahnen. Auf diese Art entstehen die *Gefässvarietäten,* die als abnorme Ausbildung normaler Anastomosen aufzufassen und manchmal aus der Entwicklungsgeschichte erklärbar sind. Häufig finden sich auch Varietäten in der Verästelung und im Laufe; so wie überhaupt das Gefässsystem weniger symmetrisch angeordnet ist, als die meisten anderen Systeme. — Varietäten werden überhaupt an kleinen Venen und Lymphgefässen öfter bemerkt, als an kleinen Arterien; dagegen weichen die grossen Arterien häufiger vom regelmässigen Zustande ab als die ansehnlicheren Venenstämme.

Der Lauf der grösseren Stämme geht gemeiniglich in der kürzesten Richtung gegen die Organe hin, für welche sie bestimmt sind: vor dem Eintritt in dieselben verzweigen sie sich aber, und die kleineren Aeste machen Biegungen: indessen haben auch manche grössere Stämme einen gebogenen, und kleinere sogar einen geschlängelten Lauf, vorzüglich die Gefässe solcher Organe, deren Volumen und Lage häufigen Veränderungen ausgesetzt ist. Entweder erfolgen die Biegungen in derselben Ebene (z. B. A. profunda linguae), oder es handelt sich um Spiralen (A. vertebralis, Rr. spinales, Aa. uterina, spermatica interna, penis, clitoridis, nutritiae tibiae et humeri, die Aeste der Aa. digitales volares). Es kommt auch vor, dass die Ursprünge der vom Hauptstamm abgehenden Aeste in Spiraltouren um letzteren gestellt sind wie die Zweige oder Blätter mancher Pflanzen (Aa. pulmonales dextra und sinistra, A. mesenterica superior).

Allen Abtheilungen des Gefässsystems ist nur die Auskleidung der Hohlräume mit Endothelien gemeinsam: das Wesentlichste ist eine aus platten Zellen zusammengesetzte innerste Lage, die bei den Gefässen *Endothelrohr,* primäre Gefässhaut, genannt wird. Alle Gefässe sind also Intercellulargänge. Die Capillaren, sowohl des Blut-, als des Lymphgefässsystems (s. letzteres), sind einzig und allein aus Endothelien zusammengesetzt. Die Wände der übrigen Gefässe werden von mehreren schichtweise einander umgebenden Häuten, *Tunicae vasorum,* gebildet, von welchen die innerste, *Tunica vasorum intima,* allen drei Hauptarten der Gefässe (S. 299) und selbst dem Herzen (Endocardium) zukommt: sie ist sehr dünn, aber von verhältnissmässig festem Gefüge. Die äusserste Schicht der Gefässwand, *Tunica vasorum externa* s. *adventitia,* ist dicker, aber von mehr lockerem Gewebe, sehr dehnbar, weisslich; sie besteht aus zahlreichen, longitudinal und schräg laufenden Bindegewebszügen und hängt mit dem Umhüllungsbindegewebe, in welches die meisten grösseren Gefässe locker eingesenkt sind (und welches daher von den Chirurgen Gefässscheide genannt zu werden pflegt), durch zahlreiche schlaffe, dehnbare, bindegewebige Verbindungen zusammen, so dass ihre äussere Fläche ziemlich rauh und nicht scharf begrenzt sich darstellt. An vielen Stellen wird sie von dem Bindegewebe des Organs, in welchem das Gefäss verläuft, so vollständig ersetzt, dass sie von jenem nicht unterschieden werden kann. Sie bestimmt die Biegungen der Gefässe, indem sie oft an der einen Seite des Gefässes straffer oder mit nahgelegenen Theilungen genauer verbunden ist als an der anderen, und das Gefäss nach der entgegengesetzten nachgiebigeren Seite sich krümmt. — Zwischen der Tun. externa und intima liegt bei den Arterien und grösseren Venen noch eine mittlere, grösstentheils aus Muskelfasern gebildete Haut, *Tunica vasorum media* s. *muscularis,* welche in jenen beiden Arten der Blutgefässe merkliche Verschiedenheiten darbietet. — Diese Häute sind nicht ganz scharf von einander getrennt, sondern es gehen einzelne Fasern aus der einen in die andere über; vorzüglich findet dieses statt zwischen der mittleren und inneren Haut, so dass diese kaum vollständig gesondert dargestellt werden können. So wie übrigens der Durchmesser der Gefässe selbst höchst verschieden ist, zwischen 34 Mm. und 0,004 wechselt, so zeigen auch die Wände derselben eine sehr verschiedene Dicke, die in jeder Unterabtheilung des Gefässsystems dem Dm. des einzelnen Gefässes ziemlich genau entspricht und mit diesem bei fortgesetzter Ramification abnimmt; wenngleich die Venen und Lymphgefässe dünnere Wände haben als Arterien von gleichem Kaliber. So hat z. B. die Wand der dicksten Arterie 1 Mm., die der Gefässe von 0,02 und noch geringerem Durchmesser nur 0,0017 bis 0,0045 Dicke. Die Dicke der Wand hängt besonders von dem Vorhandensein und der Stärke der mittleren Haut ab, indem die Tunica intima im Herzen und in den ansehnlichsten, mit allen drei Häuten versehenen Gefässen nur 0,014 bis 0,056 dick ist, die Dicke der Tunica externa aber wegen ihres Zusammenhanges mit dem umgebenden Bindegewebe nicht überall genau zu bestimmen ist. — Die Wandstärken und Lumina steigen mit der Körpergrösse und sind bei Männern beträchtlicher als bei Frauen.

Die erwähnten Häute werden von eigenen kleinen Gefässen, *Vasa vasorum,* ernährt, welche, was die Arterien betrifft, nicht von dem Stücke eines Gefässes, für welches sie bestimmt sind, sondern von einem nächst benachbarten Gefässe entspringen. Meistens werden sie von einem Ast des Stammes, welchen sie versorgen, abgegeben, sind also rückläufig, und von zwei Venen begleitet, die in einen grösseren Ast der begleitenden Venen (S. 312) oder in einen Querast zwischen Doppelvenen münden. Die arteriellen Vasa vasorum der Venen kommen von benachbarten Arterien, die venösen aber ergiessen sich

bei isolirt verlaufenden Venen in den Venenstamm selbst; bei den übrigen verhalten sie sich wie die an den Arterien. Alle Vasa vasorum gelangen durch das Umhüllungsgewebe zuerst zur Tunica externa, vertheilen sich in dieser baumförmig und in Capillargefässnetzen; durchdringen alsdann zum Theil die mittlere Haut, folgen in dieser der Richtung der Fasern, und endigen auf der äusseren Fläche der Intima. Ueber *Lymphscheiden* der Blutgefässe s. Lymphgefässsystem (und S. 320). — Die grösseren Gefässe werden constant von *Nerven* (S. Nervensystem) begleitet, und viele selbst von ansehnlichen Nervengeflechten netzartig umschlungen, welche indessen zum Theil nicht für das Gefäss selbst, sondern für die Organe, an welche dasselbe sich vertheilt, bestimmt sind. — Die Gefässe besitzen Elasticität und beträgt z. B. der Coëfficient für eine Arterienhaut des Kalbes 72,6. Ausserdem haben die mit Muskelfasern versehenen Gefässe Contractilität; während des Lebens sind die Wandungen immer elastisch gespannt; das Lumen veränderlich, vom Herz-Impulse, der Anfüllung des Gefässsystems, Contraction der Gefässmuskeln, Einfluss des Nervensystems und anderen Bedingungen abhängig. Nach dem Tode hören erstere auf wirksam zu sein und zeitweise tritt Todtenstarre der Gefässmusculatur auf, eine genaue Bestimmung des Kalibers verschiedener Gefässe hindernd. Während das der Venen innerhalb weiter Grenzen wesentlich vom Injectionsdrucke abhängt, gelingt es an den Arterien bei Einspritzung erstarrender Massen, die bis in die gröberen Capillargefässe eindringen, wenigstens unter sich vergleichbare Zahlen zu erhalten, wie sie (Bd. II) bei den einzelnen Gefässen verzeichnet stehen.

Im Mittel sind dieselben — von der Körpergrösse, dem Geschlecht und individuellen Verschiedenheiten abgesehen — als vollkommen zuverlässig zu erachten; wenigstens fand Vierordt (Aberle, 1856) den von C. Krause (1838) zu 4 Mm. (incl. Wand, deren doppelte Dicke = 0,76; Henle, 1868) angegebenen Durchmesser der A. radialis am Handgelenk von 2,09—3,18 Mm. im Lichten schwankend und Vormittags im Mittel 2,34, nach der Mahlzeit dagegen 2,97 betragend.

Arterien.

Die *Arterien* sind, im Vergleich zu den Venen, enger, weniger zahlreich, liegen mehr entfernt von der Oberfläche des Körpers als eine grosse Anzahl der ihnen entsprechenden Venen; ihre Anastomosen sind seltener zwischen den grösseren Stämmen, indessen sehr zahlreich zwischen den kleineren, welche oft Bögen und Netze bilden. In manchen drüsigen Organen: acinöse Drüsen, Lunge, Leber (V. portarum [S. 224], Nieren, Milz, Gl. thyreoidea etc.) fehlen Anastomosen zwischen grösseren Arterienstämmchen durchaus; solche Aeste werden *Endarterien* genannt. — Die Tunica intima der Arterien ist brüchiger, weniger ausdehnbar, jedoch nicht sowohl an sich, als wegen der Beschaffenheit der Tunica media, mit welcher sie innigst verwachsen ist: durch eine Verdoppelung nach Innen bildet sie in der Höhle der Gefässe Klappen, aber nur an den beiden Stellen des Ausgangs der Aorta (des Hauptstammes der Körperarterien) und des Lungenarterienstammes aus dem Herzen: diese Klappen sind halbmondförmig, und öffnen sich in der Richtung gegen die Arterien hin, schliessen sich in der Richtung gegen das Herz. — Die mittlere Haut ist sehr vollständig ausgebildet, dick, vorzüglich an den grösseren Gefässen und überhaupt stärker an den Theilungsstellen und an der convexen Seite der Biegungen; sie bestimmt vorzüglich die grössere Dicke der Arterienwände, gibt ihnen eine grosse Stärke, wodurch sie eine bedeutende Ausdehnung von Innen ertragen können und vermittelst der Elasticität ihrer Fasern an allen Punkten einen starken anhaltenden Druck auf die in ihnen enthaltene Blutsäule ausüben; ausserdem verleiht sie den Arterien eine gewisse Härte und

Steifigkeit, wodurch sie schon durch das Gefühl von einer Vene sich unterscheiden lassen, und offen stehen bleiben, wenn sie entleert und durchschnitten sind. Hingegen kann diese Haut eine stärkere Ausdehnung der Arterie ihrer Länge nach durchaus nicht ertragen, da die Elasticität und Ausdehnungsfähigkeit der Longitudinalschicht um 4—5 mal geringer ist als die der Querschichten; bei starker Zerrung und bei Unterbindung mit einem feinen Faden trennen sich die ringförmigen Fasern der Media leicht von einander, wobei zugleich die longitudinalen Fasern und die genau mit ihnen verwachsenene Tun. intima zerreissen oder wenigstens ihre Elasticität und Contractilität vernichtet wird, die mehr dehnbare äussere Haut aber unverletzt bleibt. Aus diesem Grunde ist es interessant, dass die meisten und wichtigsten Arterien an der vorderen Seite des Stammes und der Beugeseite der Glieder gelagert, und vor den Dehnungen geschützt sind, welche sie bei starken Beugungen erleiden würden, wenn sie an den Streckseiten verliefen. — Die Tun. externa ist dicker und stärker als die der Venen, die ernährenden Gefässe zahlreicher. Alle Arterien, mit Ausnahme der kleinsten, bewegen sich während des Lebens regelmässig und stossweise, sie pulsiren. Die Ursache der *Pulsation* liegt in der periodisch erfolgenden Zusammenziehung der Herzkammern, welche jedesmal eine neue Quantität Blutes in die Stämme der Aorta und Lungenarterie einpressen. Das spec. Gewicht der Wandung ist nur bei der Aorta bestimmt: zu 0,065—1,068.

Der feinere Bau der Arterienwände ändert sich fortschreitend vom Herzen nach der Peripherie. Die Anfänge der Aorta und A. pulmonalis haben in der Länge von ein paar Mm., in der ihre Wände zugleich erheblich dünner sind, eine Tunica media, die longitudinale und transversale, schräg sich durchflechtende Bindegewebsbündel mit sparsamen elastischen Fasern enthält. Weiter aufwärts tritt Sonderung in der Weise ein, dass die longitudinalen Faserbündel eine äussere, die circulären eine innere Lage bilden.

Die einzelnen Arterien von gleichem Kaliber weichen in Wandstärke und untergeordneten Verhältnissen ihrer Structur gleichwohl von einander ab. Man unterscheidet *grösste Arterien,* zu denen die Aorta, A. pulmonalis, Aa. iliacae etc. gehören; *grosse* vom Kaliber der A. carotis interna, *mittlere* (A. radialis bis A. ophthalmica), *kleine* (A. supraorbitalis bis A. centralis retinae) und *kleinste.* Letztere beiden werden unten für sich abgehandelt; sie unterscheiden sich durch das Fehlen der Vasa vasorum.

Die Tunica intima (Fig. 179 *J*) aller Arterien trägt an ihrer Innenfläche ein Endothel aus abgeplatteten, spindelförmigen, meist der Längsaxe parallel gestellten (Fig. 181) Zellen, jede mit einem abgeplatteten, ovalen, ihrer Längsaxe parallelen Kern (S. 12), um den sich einige Körnchen finden, während die übrige Zellensubstanz mehr homogen und hell erscheint.

In den grössten Arterien ist die Intima nicht viel stärker, als in den grossen und mittleren. Sie besteht aus einer homogenen, feinkörnigen und feinfasrigen, bindegewebigen Substanz, die eigentliche Intima, innerste Längsfaserhaut, streifige Lagen der Innenhaut, innere Faserhaut: mit eingelagerten, längsgestellten, ellipsoidischen Kernen und elastischen Fasernetzen. In der Aorta (speciell der adscendens) enthält sie spindelförmige und sternförmige, durch H. Müller'sche Flüssigkeit leicht isolirbare Inoblasten in mehreren Lagen übereinander; die Fortsätze derselben anastomosiren zum Theil. In einigen Arterien (Aa. axillaris, poplitea, Kölliker; Aa. hepatica, lienalis, cruralis am Abgange der Profunda, Eberth, 1869) sind vereinzelte, längsgestellte, glatte Muskelfaserzellen vor-

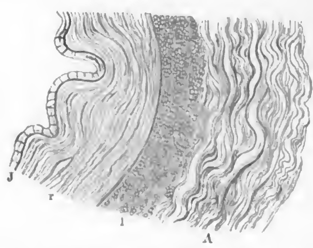
handen; in anderen (Aa. renalis, hepatica, lienalis, mesenterica, Remak, 1850) schmale Züge von solchen Zellen an den Abgangsstellen der Aeste erster Ordnung.

Fig. 178.

Gefensterte elastische Membran aus der Wandung der A. temporalis superficialis nach 24 stündigem Einlegen der Arterie in Natronlauge. V. 260.



Fig. 179.



Theil des Querschnitts einer mittleren Arterie, Chromsäure, Alkohol. V. 600. *J* Intima in Längsfalten gelegt. *r* Ringförmige Muskelfasern der Media, nach aussen sich scharf abgrenzend. *l* Längsmuskelfasern der Adventitia auf dem Querschnitt. *A* Bindegewebe der Adventitia.

An jene Substanz schliesst sich nach aussen in den mittleren Arterien eine *gefensterte Haut*, elastische Längsfaserhaut, elastische Innenhaut (Fig. 178), die eine dünne, continuirliche, elastische Membran mit rundlichen und länglichen längsgestellten Lücken darstellt und die Intima gegen die Media abgrenzt. In grossen Arterien wird sie durch zwei bis drei, in den grössten durch mehrere elastische Faserlagen vertreten.

Fig. 180.

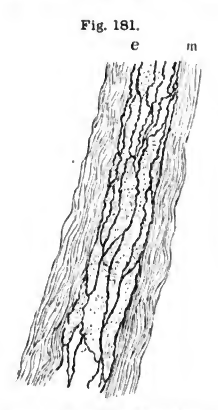


Langsschnitt der Aorta descendens: Alkohol, Essigsäure. V. 600. Stückchen aus der Tunica media. *e* elastische Lamellen. *f* elastische Fasern auf dem Querschnitt. *m* Kerne der glatten Muskelfasern, die grösser sind als die Querschnitte elastischer Fasern.

Die Tunica media, mittlere Haut, Ringfaserhaut, Muskelhaut, führt nur in den erwähnten Anfängen der Aorta und A. pulmonalis keine glatten Muskeln. In den grossen und mittleren Arterien erreicht ihre Mächtigkeit $^1/_3$—$^3/_4$ der Wandstärke des ganzen Gefässes; sie ist aus krumm gebogenen, zusammengeflochtenen, relativ kurzen, spindelförmigen glatten Muskelfasern (Fig. 179 *r*) geflochten, welche durch feinkörnige Zwischensubstanz mit sparsamen feinen elastischen Fasern zusammengehalten werden. Nach innen grenzt sich die Media scharf gegen die gefensterten Membranen der Intima, nach aussen gegen die Adventitia ab. In den grössten Arterien treten die Muskelfasern der Media gegen die mehr entwickelte Zwischensubstanz zurück: letztere enthält ausser sparsamem Bindegewebe zahlreiche elastische Lamellen, deren Längenausdehnung geringer als die nach der Quere der Arterie ist; sie anastomosiren spitzwinklig unter einander und sondern, in fast regelmässigen Abständen von einander,

die glatten Muskelfasern (Fig. 180), die in der Aorta und A. pulmonalis abgeplattet, zum Theil mit kurzen Ausläufern versehen und zugleich kürzer und breiter sind, als in den übrigen grössten Arterien, sowie in diesen wiederum kürzer und breiter, als in den grösseren und mittleren. Die Richtung der abgeplatteten Bündel glatter Muskelfasern bildet einen kleineren Winkel mit der Längsaxe der Aorta descendens; auf einander folgende Bündel überkreuzen sich theils mehr rechtwinklig, theils laufen sie einander parallel. Die elastischen Lamellen treten theils als gefensterte Häute, theils als querlaufende elastische Streifen resp. sehr dichte Fasernetze auf; beide Formen hängen unter einander zusammen, folgen gruppenweise auf einander; ferner inseriren sich glatte Muskelfasern an die Lamellen. Man findet auch einzelne Muskelfasern oder kleine Faserbündel von schrägem und selbst longitudinalem Verlauf zwischen den Ringmuskeln.

Fig. 181.



Kleine Arterie aus dem Mesenterium des Kaninchens; Zellengrenzen des Endothels durch 0,25 %iges salpetersaures Silberoxyd dargestellt. V. 200. *e* Endothel. *m* Muscularis und Adventitia.

Die elastischen Lamellen heben sich auffallend durch ihre gelbe Farbe bei Behandlung mit Carmin und Pikrinsäure hervor. – Ihre Anzahl beträgt in der Aorta descendens thoracica des Menschen etwa 50; bei Frauen und Neugeborenen etwas weniger, bei Männern etwas mehr. Sie steigt bei den Säugethieren mit der Körpergrösse, beträgt bei der Ratte und beim Igel 7—9, beim Kaninchen 16—25, beim Hund und Schwein 40—50, beim Rinde etwa 100 (v. Ebner, 1870); am beträchtlichsten ist sie beim Walfisch (Leydig, 1857). — Die Endarterien benannte Cohnheim (1872). — Vom Kaninchen beschreibt Adamkiewicz (1875) eine durch Silber sich färbende und nachher wie ähnliche Niederschläge sich verhaltende (S. 41), auch in unterschwefligsaurem Natron lösliche Kittsubstanz, die in grösseren Arterien zwischen Media und der gefensterten Haut gelegen ist. Wie es scheint, handelt es sich um die quergestellten Fasern der innersten elastischen Lamelle, die wie alle elastischen Fasern (S. 49) durch Versilberung gefärbt werden.

Die Tunica adventitia grenzt sich an den mittleren und grösseren Arterien scharf gegen die Media durch eine elastische, aus dichten netzförmigen Fasern gewebte Membran, äussere elastische Haut, elastische Haut der Adventitia, ab. Dieselbe fehlt in den grössten Arterien und einigen andern (Aa. basilaris, hepatica lienalis, renalis, spermatica interna, plantaris, Eberth, 1869), und wird bei den stärksten unter den grösseren Arterien durch mehrere, ähnlich wie in der Media auf einander folgende elastische Lagen vertreten. Bei anderen Arterien (convexe Seite des Arcus Aortae, Aorta descendens thoracica, Aa. lienalis, renalis, Remak, 1850; dorsalis penis) enthält namentlich die innere Hälfte der Adventitia schräg- und längslaufende Bündel glatter Muskelfasern (Fig. 179 *l*); im Uebrigen besteht die letztgenannte Haut aus sich durchkreuzenden Bindegewebsbündeln (Fig. 179 *A*) mit zahlreichen elastischen Fasernetzen.

Ueber die secundären Hüllen, welche einige Arterien-Adventitien umkleiden, s. Milz und Lymphgefässsystem. — Die Verdickungen der Media an den Theilungsstellen (S. 307) waren bereits in der ersten Auflage (C. Krause, 1833) erwähnt. — Die Zahlenangaben über absolute und relative Dicke der verschiedenen Arterien- und Venen-Häute haben keinen Werth, insofern sie an getrockneten und wieder aufgeweichten Präparaten gemessen sind. Eine Ausnahme macht die auffallende Dicke der wenig quellbaren Intima in den Aa. coronariae cordis (Henle, 1868), welche Haut aus Bindegewebe, abwechselnd mit elastischen, nach dem Lumen hin zarter werdenden Lagen zusammengesetzt ist. — Die Aa. umbilicales haben nach innen von der Ringfaserschicht eine continuirliche Lage, an der äusseren Seite der ersteren die Fasern der Adventitia durchflechtende Bündel glatter Muskelfasern (Eberth, 1869). — Im Allgemeinen lässt sich über die bisher abgehandelten Arterien sagen, dass die Mengenverhältnisse des in ihren Wandungen vorhandenen elastischen und glatten Muskelgewebes in umgekehrtem Verhältnisse stehen.

Die kleinsten und kleinen Arterien können in toto microscopisch untersucht werden. Sie zeigen das früher erwähnte Endothel (Fig. 181) nach der Längsrichtung der Arterie, seltener und aus nicht sicher bekannten Ursachen der Quere nach gestellt (Fig. 182 *A*). Vielleicht handelt es sich in letzterem Falle um eine Wirkung der eintretenden Todtenstarre. Die Endo-

Fig. 182.



Endothel einer kleinen Arterie *A* aus der Harnblase des Frosches, dargestellt wie Fig. 181, mit Glycerin. V. 300/200.

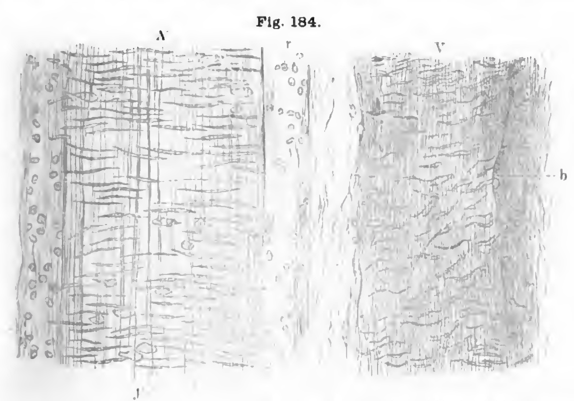
Fig. 183.



Kleinste Arterie und Vene aus dem Mesenterium, mit Essigsäure. V. 350. *A* Arterie. *B* Vene. *r* Muskelkerne der Ringschicht auf dem optischen Querschnitt.

thelien sitzen einer structurlosen, elastischen Membran auf, die gewöhnlich, wie auch die Intima der mittleren Arterien (Fig. 179), in Längsfalten (Fig. 184 *J*) gelegt ist, daher auf dem Querschnitt das Arterienlumen mit zackiger Umgrenzung umschliesst, und verstreichen diese Falten erst bei starker Füllung. Nach aussen von dieser Membran folgen feine elastische Fasernetze, die zusammen mit derselben die Intima repräsentiren, den kleinsten Arterien aber fehlen. Die Anordnung der Media ist ausserordentlich charakteristisch

Fig. 184.



A Kleine Arterie und *V* Vene aus dem Mesenterium. Mit Essigsäure. V. 250. *r* Kerne der Media der Arterie auf dem optischen Querschnitt; die Intima zeigt Längsfalten *J*. Die Venenwandung hat bei *b* ebenfalls eine Längsfalte.

wegen der regelmässiger geordneten, quergestellten glatten Muskelfasern, deren Kerne (Fig. 184 *A*) in der optischen Profilansicht der Membran rundlich, in deren Flächenansicht aber länglich erscheinen. Die Adventitia ist mit Inoblastenkernen und elastischen Fasern durchsetzt.

In den kleinsten Arterien wird die vorher aus mehreren Muskellagen bestehende Media noch dünner; ihre Kerne (Fig. 183 *A*, *r*) rücken weiter aus einander, sind hier und da etwas spiralig gestellt; die Muskelfasern gehören zu den kürzesten, die es überhaupt gibt. Mit dem Aufhören der letzten Muskelfasern beginnt die arterielle Capillare (S. 318).

Venen.

Die *Venen* sind in grösserer Anzahl vorhanden, als die Arterien; sind weiter, ausdehnbarer, haben dünnere durchscheinende Wände, daher sie mit Blut gefüllt blauroth oder dunkelblau gefärbt erscheinen: sind durch zahlreichere Anastomosen mit einander verbunden, die nicht nur zwischen kleineren, sondern auch zwischen sehr ansehnlichen Blutadern Statt finden: sie begleiten an den meisten Stellen die Arterien, laufen aber häufig auch von ihnen entfernt; in mehr gerader Richtung als jene, und grossentheils der Oberfläche näher. Sehr viele Venen begleiten unmittelbar die gleichnamigen Arterien — wobei häufig für eine Arterie zwei ihr entsprechende Venen, *Doppelvenen,* vorhanden sind — werden daher in Bezug auf ihren Verlauf nicht besonders beschrieben und sind, wenn sie der entsprechenden Arterie genau folgen, namentlich aber, wenn sie Doppelvenen sind, mit derselben in eine gemeinschaftliche bindegewebige Umhüllung eingeschlossen. Auch kann eine Arterie von 3—4 sich plexusartig verbindenden Blutadern umstrickt werden. Andere Arterien, z. B. der Gehirnbasis, verlaufen ohne alle concomitirende Venen. — Ausser den erwähnten, die Arterie in einfacher oder mehrfacher Zahl begleitenden, verläuft noch eine Reihe oberflächlicher Blutadern im Unterhautbindegewebe des Stammes und der Glieder, *Venae subcutaneae* s. superficiales; welche mit den tieferen Venen vielfach communiciren. Alle Venen beginnen in und zwischen den Organen als kleine, netzförmig communicirende Gefässe, Venenwurzeln, die oft ansehnliche *Plexus venosi* bilden; wachsen durch Vereinigung zu grösseren Stämmen, und fliessen fast sämmtlich zuletzt zu sehr ansehnlichen Stämmen (der oberen und unteren Hohlvene, und den Lungenvenen) zusammen, welche das durch die Arterien in die Organe geführte Blut in das Herz zurück ergiessen; — indessen gehen die Venen aus einer grossen Abtheilung des Körpers, nämlich aus den Eingeweiden innerhalb des Bauchfellsackes, nicht unmittelbar zu den Hauptstämmen und durch diese zum Herzen hin, sondern vereinigen sich zu einem besonderen grossen Stamm, der Pfortader, der sich von Neuem baumförmig in der Leber verzweigt; wonach erst durch neu entsprossene Venen das Leberblut zur unteren Hohlvene gelangt. — Die innere Haut der Venen ist schlaffer als die der Arterien, und bildet innerhalb der grösseren Blutadern eine ansehnliche Menge von taschenähnlichen *Klappen, Valvulae venarum,* in welchen die Fasern in regelmässiger, transversaler, halbmondförmig gebogener Richtung verlaufen. Gewöhnlich sitzen zwei einander gegenüber mit einem stark gekrümmten Rande am inneren Umfange der Vene fest und können mit dem freien, etwas dickeren, leicht concaven und gegen das Herz hin gerichteten Rande sich genau berühren. Strömt das Blut zum Herzen hin, so legen sie sich dicht an die Wände der Vene; strömt es in entgegengesetzter

Richtung, so breiten sie sich taschenförmig aus, und fangen das Blut auf. Man findet sie am häufigsten an spitzwinkligen Vereinigungen grösserer Stämme, aber nie in den kleinsten Venen; schon in den von 0,5 Dm. sind sie kaum bemerkbar; anstatt eines Paares ist in den kleineren Aesten nur eine; in grösseren sind zuweilen drei vorhanden. In vielen Venen der oberen Körperhälfte und mehrerer Eingeweide fehlen sie gänzlich (Bd. II), dagegen sind sie in den Blutadern der unteren Körperhälfte und der Gliedmaassen vorzüglich häufig und stark entwickelt. In kurzen Abständen auf einander folgend stehen sie in den Venen der Gliedmassen und den Vv. subcutaneae: in letzteren um so dichter je näher ihrer Einmündung, in ersteren dichter nach der Peripherie hin. Besonders constant sind sie an Einmündungsstellen; fehlen aber collateralen Aesten, die parallel laufende Venen verbinden. Oft bildet die Vene unmittelbar oberhalb der Klappe eine leichte Erweiterung. Die mittlere Haut ist dünner, die äussere dagegen viel stärker als in Arterien von gleichem Kaliber. Uebrigens steht die Dicke der Venenwände nicht in so regelmässigem Verhältniss zu dem Kaliber, wie bei den Arterien: die Wände der meisten Blutadern sind zwar drei- bis viermal dünner als die Wände gleich dicker Arterien: viele sehr ansehnliche Venen haben aber noch bei Weitem dünnere Wände, während andere, namentlich die Venae subcutaneae der unteren Extremitäten, hinsichtlich der Dicke ihrer Wände den Arterien von gleichem Kaliber sehr nahe kommen. Wegen der geringeren Stärke und Straffheit des Baues der Häute und wegen der grösstentheils longitudinalen Richtung ihrer elastischen Fasern fallen die Wände entleerter Venen zusammen, wenn sie nur von schlaffem Bindegewebe oder Häuten umgeben werden, sie legen sich platt an einander: sind sie aber in knöchernen oder faserhäutigen Kanälen, in der Substanz dicker, fester Organe, oder zwischen zwei Platten einer fibrösen Muskelscheide eingeschlossen und mit ihren Umgebungen verwachsen, so bleiben sie auch nach der Entleerung offen. Elasticität und Contractilität kommt den Venen überhaupt in geringerem Grade zu als den Arterien; bei ihnen ist die Elasticität der Länge nach vollkommener und ihre Häute lassen sich durch Unterbindung oder Zerrung viel schwerer als die der Schlagadern der Quere nach trennen: überhaupt ertragen sie, ungeachtet der Dünnheit ihrer Wände, eine starke, ihre gewöhnliche Ausdehnung drei- bis viermal übersteigende Erweiterung durch Blutanhäufung, oder auch eine Verlängerung durch Dehnung, sehr leicht, weil ihre Wände nicht, wie die der Arterien, beständig im Zustande starker Spannung sich befinden, und weil sie eine selbst bei grossen, aber kurzdauernden Belastungen sehr vollkommene Elasticität besitzen. Die Capacität der grösseren, nicht widernatürlich ausgedehnten Venen verhält sich zu der der entsprechenden Arterien im Mittel wie 9 zu 4 (so dass einer Arterie von 10 Mm. Dm. eine Vene von 15 Dm. entspricht, indem die Capacitäten sich wie die Quadrate der Durchmesser verhalten): jedoch ist dieses Verhältniss manchen Abweichungen unterworfen, ist überhaupt bei grösseren Arterien und Venen geringer, bei kleineren weit beträchtlicher; und ausserdem übersteigt in einigen Organen die Anzahl und Capacität der Venen die der Arterien in einem nicht zu berechnenden Grade. Die Venen pulsiren nicht: an den grösseren Stämmen in der Nähe des Herzens bemerkt man aber ein abwechselndes Zusammensinken und Ausdehnung der Wände, ersteres gleichzeitig mit der Ausdehnung der Vorhöfe.

Die V. saphena belastete Braune (1875) 15 Secunden mit 1 Kgrm. ohne bleibende Aenderung ihrer Länge. — Die Vv. saphena u. cephalica zeigen nach letzterem Autor ebenfalls die von W. Krause (1862) an der Aorta, am Darm u. s. w. (S. 98) constatirte Erscheinung, dass durch Längsspannung ihr Volumen abnimmt, anstatt zuzunehmen.

Die Venen können, wie die Arterien, in grösste, grosse, mittlere, kleine und kleinste eingetheilt werden. Im feineren Bau unterscheiden sie sich von den Arterien durch weniger scharfe Abgrenzung ihrer drei Häute von einander resp. von dem umgebenden Bindegewebe, welche Umstände numerische Bestimmungen (S. 310) der Wandstärken noch mehr unthunlich machen; ferner durch Ueberwiegen ihrer Adventitia, sowie der bindegewebigen Bestandtheile ihrer Wände gegenüber den musculösen und elastischen; endlich durch Muskellagen von vorwiegend longitudinalem Verlauf und ringförmigen Bindegewebszügen incl. elastischen Bestandtheilen.

Was die Tunica intima anlangt, so ist ihre Endothelbekleidung aus ähnlichen spindelförmigen, aber kürzeren und breiteren, in den grössten Venen länglich-polygonalen, abgeplatteten Endothelzellen zusammengesetzt. Das Endothel der V. portarum steht zwischen dem von Arterien und Venen in der Mitte. Die Intima selbst ist in den grössten Venen dünner als in den entsprechenden Arterien, nicht stärker als in den grösseren Venen; sie besteht in beiden und in den mittleren Venen aus denselben Bestandtheilen wie in den ersteren, enthält aber in den Vv. iliaca, cruralis (Fig. 185 *J*), poplitea, saphena magna und den Zweigen der Vv. mesentericae Längszüge glatter Muskelfasern. Ausserdem finden sich ovale oder spindelförmige Bindegewebszellen. Die Intima der Vv. pulmonales enthält glatte Quer- und Längsmuskelfasern. In ihnen und in den mittleren Venen wird die Intima von der Media nicht durch eine gefensterte Membran, jedoch durch eine analoge, aus sehr dichten elastischen Fasernetzen gebildete Lage abgegrenzt.

Fig. 185.

Längsschnitt der V. cruralis. Pikrocarmin, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 100/170. *J* Intima mit längsgestellten, *M* Media mit querdurchschnittenen Muskelkernen. *A* Adventitia mit längslaufenden Muskelbündeln.

Die *Venenklappen* werden von kürzeren Endothelzellen bekleidet, die am freien Rande frisch in situ zu sehen sind; sie bestehen aus parallelen, wie in den Sehnen geordneten Bindegewebsbündeln von dem beschriebenen (S. 43) Verlauf mit länglichen Inoblastenkernen und auf der vom Herzen abgewendeten Fläche gelegenen elastischen Fasernetzen, die am befestigten Rande der Klappe stärker entwickelt sind und aus dickeren Fasern bestehen. Daselbst enthalten sie in der V. cruralis einzelne feine Bündelchen von glatten Muskelfasern, welche die Klappen aufrichten. Hiernach sind letztere als Duplicaturen der Intima anzusehen.

Die Tunica media fehlt in vielen Venen, die zugleich gänzlich muskelfrei sind: Venen der Dura und Pia mater, des Gehirns, der Retina, der Schädelknochen, Vv. jugulares interna und externa, subclavia, anonyma dextra und sinistra, Brusttheil der V. cava inferior. Während in den Venen der Gehirnhäute nur eine dünne, von elastischen Fasern durchzogene Bindegewebsschicht die Media vertritt und in der Gegend der Einmündungsstellen der Lebervenen in die Cava inferior eine solche bindegewebige, mit zahl-

reichen elastischen Lamellen und Fasern durchsetzte Media im letzteren Gefässe, sowie in den Aesten der ersteren und auch in den Vv. pulmonales selbst sehr entwickelt ist, vermindert sich ihre Dicke im Lebertheil desselben und in den grössten Lebervenen so sehr, dass die längslaufenden glatten Muskelbündel der Adventitia (s. unten) bis dicht an die Intima heranreichen. Muskeln fehlen der Media in den dünneren, zum Theil durchscheinenden *Säcken* an der Herzseite ihrer Klappen (Vv. jugulares externa und interna, axillaris, cruralis und deren Aesten); ferner in der V. cava superior, den Vv. anonymae dextra und sinistra, subclavia, jugulares interna und externa, den Vv. pulmonales, der Cava inferior oberhalb der Leber und in den grösseren Lebervenen. Wo dies der Fall und die Media zugleich stärker entwickelt ist, besteht sie aus queren Bindegewebsbündeln, die von longitudinalen, unter einander anastomosirenden elastischen Fasernetzen gesondert werden; sonst treten in den grösseren Venen Muskelbündel an Stelle der oben erwähnten queren Bindegewebsbündel.

Die übrigen Venen besitzen ringförmige Muskeln, die aber mit mehr Bindegewebe und elastischem Gewebe gemischt sind, als in den Arterien. Stärker entwickelt ist die Ringmusculatur in Venen der unteren Extremität (Vv. iliaca, cruralis Fig. 185 *M*, poplitea, saphenae) und den Aesten der V. mesenterica superior; weniger in den mittleren Venen der unteren, in den Venen der oberen Extremität (Vv. axillaris, brachialis, Hautvenenstämme), den mittleren Venen des Halses und Kopfes, den Vv. mammariae internae, cava inferior, hepaticae, portarum, lienalis, mesentericae superior und inferior, renalis, spermatica interna. resp. Plexus spermaticus, den Aesten der Vv. pulmonales, an deren von Lungensubstanz nicht bedeckten Wänden sie dicker ist, und den Vv. coronariae cordis. Jedoch hat derjenige Abschnitt der V. coronaria magna cordis, welcher zwischen der Valvula Thebesii und der Einmündungsstelle der V. posterior atrii sinistri gelegen ist, eine starke. aus quergestreiften Elementen, wie die des Herzmuskels, geflochtene Ringmusculatur.

Dieses Verhalten erklärt sich aus der Entwicklungsgeschichte resp. vergleichenden Anatomie. Der erwähnte Abschnitt der V. coronaria magna ist der Einmündungstheil der V. cava superior sinistra, welche z. B. beim Kaninchen während des Lebens persistirt, und wie das untere Ende der V. cava superior mit Herzmusculatur versehen.

Die Tunica adventitia überwiegt die übrigen Häute in den Venen der unteren Extremität wenig, in den übrigen mittleren und grösseren Venen meist um das Doppelte, in den grössten bis um das Fünffache an Stärke. Gewöhnlich steigt letztere mit dem Kaliber der Venen. Sie ist aus längslaufenden und schräg sich durchkreuzenden, von stärkeren elastischen Fasernetzen umflochtenen Bindegewebsbündeln zusammengesetzt. An vielen Venen treten Muskelbündel in der Adventitia auf, die, ebenfalls longitudinal und netzförmig zusammenhängend, dieselbe theils fast nach ihrer ganzen Dicke (V. portarum) oder doch zum grössten Theile (V. renalis) durchziehen, theils einen bedeutenden Abschnitt derselben einnehmen, während nach aussen eine stärkere oder dünnere muskelfreie Schicht der Adventitia übrig bleibt (V. cava inferior, am unteren Ende des Brusttheiles derselben beginnend, am meisten entwickelt im Lebertheil, weniger mächtig unterhalb der Leber; Vv. hepaticae, lienalis, mesenterica superior und den Aesten dieser Venen, V. spermatica interna, Plexus spermaticus, Vv. iliaca externa, cruralis (Fig. 185 *A*), poplitea, azygos, hemiazygos und axillaris). Einzelne glatte Längsbündel finden sich auch in der Adventitia der Cava superior.

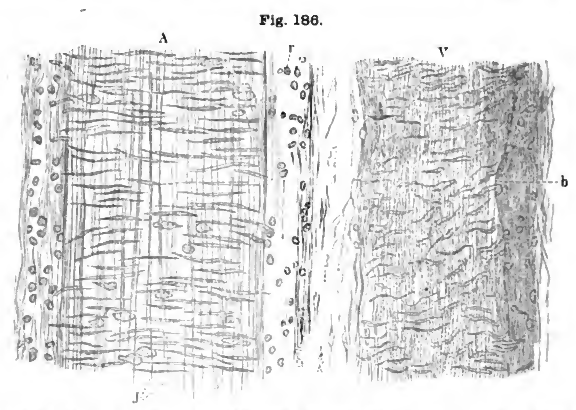
An den Mündungen der in das Herz sich ergiessenden Venenstämme sind netzförmige, vorwiegend querlaufende Fortsetzungen der Herzmusculatur

in der Adventitia vorhanden, während solche bei der V. coronaria magna, wie erwähnt, eine Ringmuskelschicht repräsentiren. Am wenigsten und nur dicht an der Mündung sind sie an der V. cava inferior ausgebildet; an der superior reichen sie, ringförmig die Adventitia durchsetzend, 2—3 Cm. weit nach aufwärts oder aber bis zur Umschlagsstelle des Pericardium; an den Vv. pulmonales umgeben sie schlingenförmig deren Mündung, gehen durch den Theilungswinkel in ihre beiden Hauptäste hindurch und erstrecken sich zuweilen bis auf letztere.

Zur sicheren Entscheidung über die Anwesenheit von Muskelfasern in den Venen sind Tinctionsmethoden unentbehrlich und erklären sich hieraus einige Differenzen. — Muskeln fehlen auch den Placentarvenen Schwangerer, sind dagegen in der Intima, Media und Adventitia der Venen von deren Uterus stark entwickelt. Die V. umbilicalis des Neugeborenen hat kreisförmige Musculatur in der Media, längslaufende in der Adventitia. — Die erweiterten Klappensäcke an einigen Venen (S. 315) wurden von Remak (1856) aufgefunden und für contractil gehalten. — Den grösseren Venen schrieb Adamkiewicz eine am entsprechenden Orte (S. 310) gelegene Kittsubstanz zu. — Bei Säugethieren finden sich manche Abweichungen in Betreff der feineren Structur-Verhältnisse (Remak, 1850).

Kleine Venen bestehen aus einer Intima, die als structurlose elastische Membran erscheint, mit aufgelagerten, mehr spindelförmigen Endothelien. Die Media hat nur eine einzige oder an den stärkeren Gefässen mehrere Lagen ringförmig geordneter, glatter Muskelfasern, deren Kerne in grösseren Abständen neben einander stehen, als bei den entsprechenden Arterien. Sie sind durch etwas homogene oder schwachkörnige Zwischensubstanz verbunden. Die Adventitia ist nicht dicker, als die der begleitenden Arterie und von derjenigen der letzteren nur durch wenig zwischengelagertes Bindegewebe getrennt. Durch die erwähnten Merkmale sind auch leere Arterien und Venen leicht von einander zu unterscheiden (Fig. 186). Die stär-

Fig. 186.



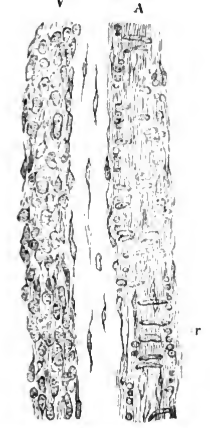
A Kleine Arterie und *V* Vene aus dem Mesenterium. Mit Essigsäure. V. 250. *r* Kerne der Media der Arterie auf dem optischen Querschnitt; die Intima zeigt Längsfalten *J*. Die Vene hat ebenfalls quer gestellte Muskelkerne und bei *b* eine Längsfalte.

keren, mehr als 0,2 dicken Venen enthalten Netze feiner elastischer Fasern, sowohl in der Intima und Adventitia, als weniger zahlreiche in der Media.

Die kleinsten Venen (Fig. 187) von weniger als 0,04 Durchmesser haben keine Muskelfasern, sondern ihre Media besteht aus ziemlich homo-

genem Bindegewebe mit längsgestellten Kernen, während die Kerne der Endothelzellen mehr rundlich sind. Im Uebrigen verhalten sie sich wie die kleinen Venen. Ueber ihre Unterscheidung von Lymphgefässen s. letztere (S. 345).

Fig. 187.



Kleinste Arterie und Vene aus dem Mesenterium, mit Essigsäure. V. 350. *A* Arterie. *V* Vene. *r* Muskelkern der Ringschicht auf dem optischen Querschnitt.

Der Bau dieser kleinsten Venen wiederholt sich offenbar in vergrössertem Maassstabe an den muskelfreien mittleren Venen (S. 314). Wenn bei den Arterien von Häuten eine elastische Intima, musculöse Media und bindegewebige Adventitia als constant anzusehen sind, so erscheint für die Venen weder das Vorhandensein von Klappen, noch von Muskelfasern unbedingt wesentlich. Gleichwohl ist nicht zu verkennen, dass die Grundlagen der Structur-Verhältnisse bei den kleinen Venen dieselben sind, wie bei denjenigen, die dicker sind als letztere. Abgesehen vom Endothelrohr sind längsfasrige elastische Innenhäute vorhanden, die in einigen Fällen longitudinale Muskelfasern (Fig. 185 *J*) führen. Dann folgt eine ringförmige Media, in welcher ebenso gelagerte Muskelfasern zahlreich vorhanden sein, oder mehr zurücktreten oder ganz fehlen können, womit die schärfere oder schwierigere Abgrenzung von der Adventitia Hand in Hand geht. Die letztere Haut endlich besteht aus longitudinalem Bindegewebe mit elastischen Netzen und manchmal auch aus längslaufenden Muskelbündeln, die nur in der Nachbarschaft des Herzens von quergestreiften, dem letzteren angehörigen Fasern ersetzt wird. So lösen sich die scheinbaren Widersprüche, welche eine Sonderung der Venenwand in drei Häute schwierig oder Einigen ganz unthunlich erscheinen liessen, und es stellt sich eine Analogie mit den Arterien heraus. Denn auch an den letzteren (Fig. 179) sind Endothelrohr, elastische longitudinale Intima, quere musculöse Media, bindegewebige längslaufende Adventitia, welche in vereinzelten Fällen glatte Muskelbündel führt, zu unterscheiden.

Capillaren.

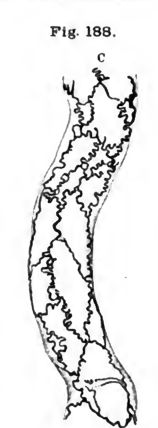
Die kleinsten Gefässchen, durch welche Arterien und Venen in unmittelbarem Zusammenhange stehen und so eng sind, dass sie nur ein Blutkörperchen oder einige wenige derselben hindurchgehen lassen können, nennt man *Capillargefässe, Vasa capillaria,* Capillaren, Haargefässe, Haarröhrchen und zum Unterschied von den Lymphcapillaren, Gallencapillaren u. s. w.: ***Blutcapillaren.*** Diese finden sich überall, mit fast alleiniger Ausnahme der Epithelien, der Haare, Nägel, Zähne, des Knorpels, der Cornea, gewisser Theile der Sinnesorgane resp. des Nervensystems. Stets verlaufen sie im Bindegewebe der Organe oder von solchem umhüllt, dringen aber nicht in die elementaren Formgebilde ein, aus denen sich die Organe zusammensetzen: nicht in die Nervenfasern, Ganglienzellen, Fettzellen, Muskelfasern, Knochenlamellen,

Drüsen-Acini u. s. w. Die Anordnung der Capillaren wird daher von jenen Gebilden gleichsam vorgezeichnet; meist trifft man sie in Gestalt von Netzen und Schlingen, welche an jeder Stelle des Körpers aus der feineren Verästelung bestimmter kleiner, schon vielfach anastomosirender Arterien ihren Anfang nehmen, und aus welchen wiederum durch Vereinigung mehrerer Capillargefässe die Venenwurzeln hervorgehen. Wenn sonach das Capillargefässnetz irgend einer Stelle des Körpers oder eines einzelnen Organs zunächst gewissen Arterien seinen Ursprung verdankt und in gewisse Venen übergeht, so hängen dennoch die Capillargefässnetze der einzelnen Theile eines Organs, die zweier benachbarter Organe, und endlich die aller Organe oder des ganzen Körpers unter einander zusammen, so dass man den Complex aller Capillargefässe als netzförmiges peripherisches Gefässsystem, im Gegensatz zu dem baumförmigen, die grösseren Adern enthaltenden Centralgefässsystem, bezeichnet hat. — Die stärkeren, meistens dem blossen Auge noch sichtbaren, 0,03—0,06 dicken Capillargefässe, deren unmittelbares Hervorgehen aus kleineren Arterien, oder deren Zusammenfluss zu Venenwurzeln, an ihrer Textur, an ihrer öfters noch baumförmigen Vertheilung und an der Richtung des Blutstroms, mit Sicherheit erkannt werden kann, pflegt man *arterielle* und *venöse Capillaren,* Uebergangsgefässe, Muttergefässe der Capillarnetze, kleinste Arterienreiser oder Venenwurzeln zu nennen. — Die engeren eigentlichen Capillargefässe laufen in ihren durch die zahlreichen Anastomosen gebildeten Netzen so sehr nach den verschiedensten Richtungen und gleichen in der Beschaffenheit ihrer äusserst dünnen Wände einander so vollkommen, dass man nicht bestimmen kann, ob ein einzelnes derselben dem Arterien- oder dem Venensystem näher angehöre und an welcher Stelle der Blutstrom aus der arteriellen (centrifugalen) Richtung in die venöse (centripetale) Richtung übergeht. Die meisten eigentlichen Capillargefässe haben einen Durchmesser von 0,007—0,01; dickere (besonders im Knochenmark und in der Zahnpulpa) von 0,012—0,02 kommen häufiger vor als engere von 0,005—0006 (Retina, Muskeln); letztere zuweilen auch als einzelne Zwischenäste zwischen Capillargefässen von mittlerem Durchmesser. Wegen dieser Feinheit sind sie mit unbewaffnetem Auge so wenig zu sehen, als einzelne Blutkörperchen; nur die stärksten Capillargefässe zeigen sich dem blossen Auge als haarfeine rothe Striche; und Flächen, in welchen sehr viele Capillargefässe sehr eng beisammen liegen, bieten eine gleichförmig röthliche Farbe dar, ohne dass man die einzelnen Gefässchen wahrnimmt. Unter dem Microscop erscheinen die Capillargefässe gelblich, ziemlich durchsichtig, und man sieht in ihnen die Blutkörperchen: enthalten sie nur den flüssigen Theil des Blutes, so sind sie schwerer zu erkennen und entziehen sich im gänzlich entleerten, nicht injicirten Zustande leicht der Beobachtung, indem ihre Wände sich genau an einander legen und von der umgebenden Substanz sich nicht unterscheiden. Daher die Differenz im Aussehen injicirter und nicht injicirter Präparate, z. B. des Herzmuskels, des Endocards, der Darmzotten und vieler anderen. — Das Blut bewegt sich in den Haargefässen gleichförmig und ohne Pulsation, in den gröberen schneller als in den engeren; überhaupt aber sehr viel langsamer als in den kleineren Arterien und Venen. Die Capillargefässe haben einige Elasticität, die weder gross noch ziemlich vollkommen genannt werden kann; keine Muskeln und durchaus keine Contractilität. Ihr Lumen steigt mit dem Drucke, welcher auf der Innenwand lastet.

Der Bau der eigentlichen Capillargefässe ist ein sehr einfacher. Man erkennt die Wand nur als eine 0,0015 messende, doppeltcontourirte Begrenzung des Blutstromes, der Injectionsmasse oder eines leeren resp. mit Flüssigkeit

gefüllten Raumes — je nach den Umständen. Von Strecke zu Strecke treten in der Wand länglich-ellipsoidische abgeplattete Kerne, *Capillargefässkerne,* auf; gegen verdünnte Säuren und Alkalien, Essigsäure, Chromsäure etc. ist sie resistent. Nach Behandlung oder Injection mit verdünnten Lösungen von salpetersaurem Silberoxyd, mit oder ohne Leim, zeigt sich die Wandung jedoch zusammengesetzt aus länglich-polygonalen, halbrinnenförmig zusammengebogenen Endothelzellen (Fig. 188), zwischen denen hier und da kleine eckige Lücken, *Stomata,* bleiben. Von Einigen werden dieselben als Schaltplättchen etc. gedeutet (S. 40). Die feinsten Capillarröhren werden nur von je zwei spindelförmigen Endothelzellen zusammengesetzt, gröbere von drei bis vier mehr oblongen und unregelmässigen Zellen. In gewissen Capillaren hat die Nachweisung der Endothelien noch nicht gelingen wollen (Chorioidea, Blutcapillaren der Leber); sie ist überhaupt nur insofern schwierig, als die benutzten Organe ganz frisch sein müssen. Die Capillaren sind also ebenfalls Intercellulargänge (S. 306); die Aussenfläche ihres Endothelrohres wird an vielen Stellen (Centralorgan des Nervensystems, Retina, Leber etc.) von einer bindegewebigen Umhüllung: Adventitia, *Capillar-Adventitia, Adventitia capillaris,* Perithel, ganz oder mit Unterbrechungen umscheidet. Dieselbe besteht (namentlich im Gehirn- und Rückenmark) aus abgeplatteten Inoblasten, deren Ausläufer unter einander zusammenhängen. Letztere umspinnen als feine Fasern das Gefäss, während die Kerne der Inoblasten in einigem Abstand von dessen structurloser Wand und in beträchtlichen Entfernungen von einander angetroffen werden. Wahrscheinlich haben die Capillar-Adventitien eine grosse Ausbreitung im Körper: sie sind nur vom Bindegewebe der Organe selbst schwer zu unterscheiden. Bekannt sind sie z. B. von den Capillaren der Brunner'schen Drüsen, der Leber, der Ovarien, der Lymphfollikel u. s. w. Nicht selten umgeben feinste elastische Fasern spiralig die Capillargefässe (z. B. in der Cutis); sie schwärzen sich mit Silber und sind öfters (z. B. mit Nerven) verwechselt worden.

Fig. 188.



Endothel eines Capillargefässes *C* aus der Harnblase des Frosches durch 0,25 $^0/_0$iges salpetersaures Silberoxyd dargestellt, mit Glycerin. V. 500.

Das Capillarrohr ist für im colloiden, d. h. aufgequollenen Zustande befindliche Substanzen in seinem ganzen Verlauf durchgängig. Anhaltenden Binnendrucken von nur etwas höheren Werthen gibt die Wandung sehr leicht nach, wobei Extravasate entstehen.

Die Adventitia capillaris hängt mit der stärker entwickelten der arteriellen und venösen Capillaren zusammen und durch dieselbe mit der Adventitia der kleinsten Venen und Arterien. Die genannten stärkeren Capilleren unterscheiden sich, abgesehen von ihrem Kaliber, hauptsächlich durch die vermöge der grösseren Dicke ihrer Adventitia häufigeren, resp. einander näher benachbarten Inoblastenkerne; die arteriellen Capillaren aber von den venösen nur durch ihren Zusammenhang mit Arterien resp. Venen.

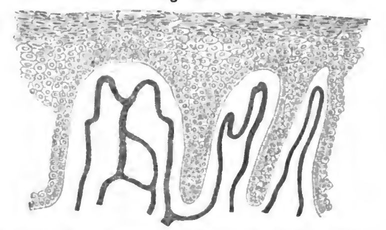
Jedoch findet man an einigen arteriellen Capillaren und namentlich an kleineren Arterien, seltener an kleineren Venen oder eigentlichen Capillaren, hier und da *Perithelzellen,* die deren Adventitia angelagert zu sein pflegen. Es sind grössere, Protoplasma-reichere, öfters pigmentirte Inoblasten, welche in

manchen Organen (Schläuche der Gl. coccygea, Gl. intercarotica [S. 324 u. 325]; in der Zwischensubstanz des Hodens [S. 264], der Gl. submaxillaris [S. 195], Mamma [S. 295]) stärker entwickelt sich zeigen.

Ludwig, Schwalbe mit v. Mihalkovics (1874), sowie Waldeyer (1874) fassten alle diese Zellen (Perithelzellen, Waldeyer) zusammen, rechneten denselben auch die Zellen der Nebenniere (und diejenigen der Corpora lutea S. 283) zu. Letzterer sah einzelne im grossen Netz bei der Maus. Wahrscheinlich handelt es sich bei den meisten um unentwickelte Fettzellen, was mit deren Entwicklungsgange (S. 54) übereinstimmt. — Die Capillar-Adventitien können auch stark aufgelockert, in Lymphscheiden umgewandelt sich darstellen (S. 347), was nicht mit einem Fehlen der Adventitia zu verwechseln ist. Andererseits können Lymphcapillaren, die beim Frosch mitunter paarweise die Blutcapillaren begleiten (S. 341) irrthümlich für hohlcylindrische perivasculäre Räume genommen werden. Beim Frosch und Amphibien überhaupt sind die Capillar-Adventitien stärker ausgebildet, ohne Weiteres bequem unter dem Microscop sichtbar, z. B. in der Nickhaut, im Schwanz der Larven und anderen durchsichtigen Theilen. Ihre Zellen und deren Ausläufer pflegen körniges Protoplasma zu führen. — Die Endothel-Zusammensetzung der Capillaren ist bei allen Wirbelthieren dieselbe; bei den Vögeln kommen regelmässigere polygonale Zellen vor (Pecten des Auges, Eberth, 1866); die Capillargefässdurchmesser sind bei den niederen Wirbelthieren (Fig. 188) grösser. Punktförmige Stomata beim Frosch werden von J. Arnold (1873) Stigmata genannt. — Nach Hyrtl (1862) gibt es im Fledermausflügel directe Uebergänge von grösseren Arterien in Venen, was H. Müller (1863) nicht bestätigen konnte. Dagegen sah Hoyer am Ohre von Kaninchen (1872) und ferner (1874) beim Meerschweinchen, Hund, sowie der Katze ähnliche Uebergänge der kleinsten Arterien in Venen in der spongiösen Substanz der letzten Phalanxknochen an Fingern und Zehen (daselbst auch beim neugeborenen Kinde), ferner im Knorpel der Nasenspitze, an den Lippenrändern, der Schwanzspitze, im Penis und der Clitoris (beim Kinde nur an der Wurzel des ersteren).

Hinsichtlich des Laufs und der Art der Verbindung zu Netzen, *Capillarnetzen,* bieten die Capillargefässe verschiedener Theile manche Abweichungen dar. Hauptformen sind Schlingen oder Schleifen und Maschen. Eine Schlinge entsteht, indem ein Capillargefäss eine Strecke in einer gewissen Richtung läuft, sich kurz umbiegt und in derselben Richtung umkehrt, wodurch häufig (Fig. 189) noch nicht der Uebergang aus der arteriellen in die venöse Strömung bewirkt wird, indem dasselbe Gefäss nach einander mehrere in derselben Richtung auslaufende Schlingen bildet. Der Raum der Schlinge zwischen den Gefässen ist oft schmaler als der Durchmesser der Gefässe selbst. Indem mehrere Schlingen eng beisammen liegen, bilden sie oft kegelförmige oder pyramidalische Büschel, z. B. in den Gelenkzotten (Fig. 42, S. 78) oder knauelförmig zusammengewickelte Ballen (Gefässknäuel in der Niere, Fig. 190). Die Maschennetze sind im Allgemeinen gitterförmig: die Capillargefässe bilden in ihnen grössere und kleinere, unter einander zusammenhängende Bögen; oder sie vereinigen sich in longitudinaler, transversaler und schräger Richtung unter abgerundeten Winkeln, so dass die Maschen eine irreguläre, drei-, vier- bis fünfeckige Gestalt haben; oder die meisten Capillargefässe eines Netzes laufen nach einer Longitudinalrichtung und stehen durch sparsamer vorhandene quere und schräge Gefässchen in Verbindung, so dass die Maschen sehr länglich erscheinen. Nach dem Abstande der einzelnen Gefässe von einander bezeichnet man die Netze als weitmaschig (Sehnen, Periost, Dura mater, weisse Substanz der Centralorgane etc.) oder engmaschig (Fig. 191, Lunge; Fig. 87, S. 149, Chorioidea), in welchen letzteren die Maschen oft den Durchmesser der Gefässchen nicht erreichen. Diese Formen sind öfters mit einander

Fig. 189.



Drei Papillen der Mundschleimhaut auf dem senkrechten Durchschnitt. Die Blutgefässe sind mit Leim und Berlinerblau injicirt; Alkohol, Carmin, Essigsäure, Glycerin. V. 400/200. In der grösseren Papille bilden die Capillaren ein Schlingenmaschennetz, in den andern einfache oder mehrfache Schlingen.

Fig. 190.



Sehr feiner Durchschnitt aus der Nierenrinde; A. renalis mit Leim und Berlinerblau injicirt; Chromsäure, Alkohol. V. 600/160. *A* A. afferens, *E* A. efferens des Glomerulus, letztere in das Capillarnetz um die gewundenen Harnkanälchen übergehend. *st* Epithelialzellen eines solchen.

Fig. 191.



Capillargefässnetz der Lungen-Alveolen mit Leim und Berlinerblau injicirt. V. 240. *c* Septum auf dem Querschnitt; die Capillaren ragen fast schlingenförmig in das Lumen hinein; in den übrigen Alveolen erscheint das Netz in Flächenansicht.

verbunden oder gehen in einander über, indem die in einer Fläche ausgebreiteten, oder zu Büscheln und Knäueln vereinigten Schlingen durch kurze Queräste vereinigt sind, oder aus einem Maschennetze einzelne Schlingen sich erheben. Man kann daher die von der Zahl, Richtung und Art der Vereinigung der Capillargefässe abhängenden, scheinbar sehr mannigfaltigen Abweichungen auf folgende Formen zurückführen:

1) Schlingen (Fig. 189), die entweder einfache oder zusammengesetzte sein können.

2) Schlingenmaschennetze (Fig. 189), d. h. Capillarnetze, welche an ihrer Peripherie mit abgerundeten, weite Schlingen repräsentirenden Maschen aufhören (z. B. in den Darmzotten, Fig. 127, S. 216).

3) Schlingenknäuel oder Gefässknäuel, wie die Glomeruli der Nieren (Fig. 190; S. 243).

4) Unregelmässig-polygonale Maschennetze (Fig. 192) in den meisten Drüsen, Häuten etc. überhaupt die gewöhnlichste Form.

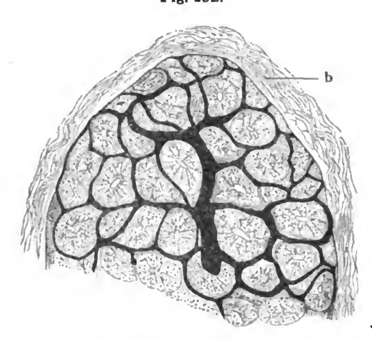
5) Rundlich-polygonale Maschennetze mit mehr kreisförmiger oder abgerundeter Gestalt der Maschen, z. B. im Fettzellengewebe, an der Peripherie der Drüsenläppchen etc.

6) Länglich-polygonale Maschennetze

(Fig. 193) in den quergestreiften und glatten Muskeln, Sehnen, Nerven, der weissen Substanz der Centralorgane, den Nierenpyramiden, wo immer cylindrische Körpertheile von Capillaren umsponnen werden, da überhaupt die Form der Netze sich nach der Form der ernährt werdenden oder absondernden Gebilde richtet (S. 318).

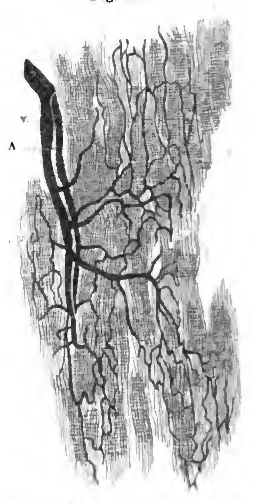
Wie immer die Gestalt und Anordnung der Capillarnetze wechseln mag, niemals beträgt der Weg, den ein Blutkörperchen von einer arteriellen Capillare bis zur venösen Capillare zu passiren hat, mehr als 0,4 (E. H. Weber, 1843, in der Leber), öfters aber weniger. Eine Ausnahme von diesem Gesetze bildet nur scheinbar das Vas spirale cochleae (S. 127 u. 137); in Wahrheit aber eine kleine Anzahl längerer Capillaren am freien Rande des grossen Netzes (W. Krause).

Fig. 192.



Läppchen des Pancreas, Blutgefässe injicirt; Chromsäure, Alkohol, Canadabalsam. V. 300. *b* Bindegewebige Hülle des Läppchens.

Fig. 193.



Blutgefässe des quergestreiften Muskels, injicirt. Sehr feiner Längsschnitt. V. 60. *A* Arterie. *V* Vene.

An injicirten und einbalsamirten Präparaten kann die Flächenausdehnung der Capillargefässmaschen planimetrisch nur zum Zweck ungefährer Vergleichungen ermittelt werden. Dieselbe fand Goll (1864) in den Lungen-Alveolen 7, der Chorioidea 12, grauen Substanz des Rückenmarks 23, Retina 57, quergestreiftem Muskel 130, weissen Substanz des Rückenmarks 340, Dura mater 410 Zehntausendstel eines Quadratmillimeters. — Historisches s. S. 3.

Gefässhäute, Cavernöses Gewebe, Blutgefässdrüsen.

Das Blutgefässsystem nimmt an der Zusammensetzung folgender Gebilde einen besonders wesentlichen Antheil:

1) **Gefässhäute** oder *Aderhäute, Membranae* s. *Tunicae vasculosae.* Einfache aus Bindegewebe u. s. w. gebildete Häute werden von zahlreichen und verhältnissmässig ansehnlichen Blutgefässen durchzogen, die aber grösstentheils nicht zur Ernährung dieser Häute selbst, sondern für die von ihnen beklei-

deten Organe bestimmt sind. Hierher gehören die Pia mater des Gehirns und Rückenmarks, sowie die Gefässhäute (Chorioidea, Iris) des Auges.

2) **Cavernöse Körper,** zugleich erectile Organe, welche äusserlich von einer festen, oft fibrösen Haut umgeben, im Innern fast nur aus einer grossen Menge von Blutgefässen bestehen: diese Gefässe sind grösstentheils ansehnliche Venen, welche in vielfachen Windungen und Verschlingungen mit einander communiciren und beträchtliche Erweiterungen bilden. Das Blut kann in ihnen, meistens durch eine besondere mechanische Vorrichtung, eine Zeitlang zurückgehalten werden; wodurch diese Organe an Volumen zunehmen, hart und steif werden. Es gehören hierher die Corpora cavernosa der Geschlechtsorgane (S. diese): des Penis, der Clitoris, der Urethra, des Vestibulum. Der eigenthümliche Mechanismus der Erection beruht theilweise auf dem Vorhandensein von anastomosirenden Bündeln glatter Muskelfasern, welche die zwischen den Venenräumen ausgespannten, oder letztere von Endothel bekleidet durchziehenden, bindegewebigen Balkengerüste des cavernösen Gewebes (S. 273) enthalten. Wo entweder die glatten Muskeln (Labia minora) oder die cavernösen Venenräume (Brustwarzen) fehlen, ist der Mechanismus (S. 292 u. 295), obgleich die Organe ihr Volumen vergrössern, von dem der eigentlichen Erection verschieden zu erachten.

3) **Blutgefässdrüsen,** Blutdrüsen, Glandulae vasculares: weiche rundliche Körper von schwammigem gelapptem Bau, welche eine äussere Aehnlichkeit mit Drüsen haben, aber wesentlich aus erweiterten Blutbahnen oder eigenthümlichen Einlagerungen in die Gefäss-Adventitia bestehen. Früher wurden die Gl. thyreoidea, die Hypophysis und Thymus hierher gerechnet, jetzt sind in den ersteren die geschlossenen Hohlräume (S. 198) als das Wesentliche erkannt und letztere gehört zu den Lymphdrüsen. Es bleiben übrig: die Milz, insofern die intermediäre Blutbahn (S. 235) in deren rother Pulpa eine colossale Erweiterung ihres Gefäss- und namentlich Capillargefässsystems darstellt. Ferner die Nebennieren (S. 249), deren eigenthümliche Zellenmassen den Gefäss-Adventitien angelagert und mit den Venen besonders in Beziehung zu sein scheinen. Wenn die Milz mehr als capillare, die Nebennieren als venöse Blutgefässdrüsen bezeichnet werden, so repräsentiren zwei kleine Gebilde dagegen arterielle Blutgefässdrüsen: die Gl. coccygea und intercarotica, welche freilich nichts weiter sind als rudimentäre Organe: verkümmerte Reste von Zweigen grosser Arterien, die in früher Fötalzeit ihre Bedeutung haben (S. 325).

Gl. coccygea.

Die *Steissdrüse*, *Gl. coccygea*, Glomeruli arteriosi coccygei s. caudales, Plexus vasculosus coccygeus, besteht aus einer Anzahl von *Körnern*, Drüsenkörnern, Glomeruli, Gefässsäcken. Der scheinbar einfache Stiel der Drüse enthält mehrere kleine Arterien, Zweige der A. sacralis media, Venen und Gefässnerven, die vom Bindegewebe zusammengehalten werden. Die Arterien erweitern sich zu schlauchartigen, gewunden und spiralig verlaufenden, cylindrischen Kanälen oder *Schläuchen*, die arterielles Blut führen und deshalb in der Leiche meist leer angetroffen werden. Diese Schläuche hören zuweilen mit sackartigen Erweiterungen, kugligen Hohlräumen (Fig. 194), sog. Gefässsäcken oder Blasen auf. Solche Hohlräume sind microscopisch; die Kanäle bilden zum Theil mit freiem Auge sichtbare Gefässconvolute: die erwähnten Körner. Mitunter werden die Hohlräume natürlich injicirt blutgefüllt angetroffen; von der A. sacralis media aus sind sie leicht injicirbar.

Die Arterien besitzen nach ihrem Eintritt in die Gl. coccygea eine starke, ringförmig angeordnete, musculöse mittlere Haut und zeigen wie die arteriellen Schläuche eine elastische Intima mit deutlichem Endothel. Letztere und die kugligen Hohlräume haben eine, aus festem Bindegewebe mit zahlreichen ellipsoidischen Kernen bestehende, zum Theil auch musculöse Haut. Die glatten Muskelfasern sind an ihren Kernen erkennbar, durch Salpetersäure lassen sie sich isoliren; sie verlaufen an den Schläuchen in der Längsrichtung, an den kugligen Säcken concentrisch (Fig. 194). Aus den Hohlgebilden entspringen arterielle Capillaren, die in gewöhnliche übergehen. Beide verlaufen grösstentheils in ähnlichen dickwandigen Schläuchen: auf ihr Endothelrohr folgt eine mehrfache Lage kleiner, rundlich-polygonaler, theilweise mit kurzen Fortsätzen versehener, in die aufgelockerte Adventitia eingelagerter Zellen, Perithelzellen, und dann eine festere bindegewebige Umgrenzung. Die Capillaren können sich auch theilen und an erweiterten Stellen der zugehörigen Schläuche schlingenförmig umbiegen: sie gehen in venöse Capillaren (Fig. 194 *v*) und diese in Venen über. Auch die venösen Capillaren verlaufen zum Theil noch in Schläuchen, wie die der Capillaren. Da die Schläuche unter einander anastomosiren, ihre Aussenwände und die der kugligen Hohlräume zusammenhängen, so entsteht ein festes bindegewebiges Fasergerüst, welches die Hauptmasse der einzelnen Körner ausmacht, und dessen Hohlräume von arteriellem Blute durchflossen werden. Dieses Bindegewebe ist frei von elastischen Fasern und nur in den lockeren Bindegewebsbündeln, welche die einzelnen, mithin wesentlich arterielle Gefässconvolute darstellenden Körner zur ganzen Drüse vereinigen, finden sich solche. Ersteres verleiht der Gl. coccygea ihre auffällige Härte und beim Durchschneiden ebene Schnittfläche.

Fig. 194.



Kugliger arterieller Hohlraum aus der Gl. coccygea; Injection der A. sacralis media mit Leim und Berlinerblau; Alkohol, feiner Durchschnitt, Essigsäure, Glycerin. V. 200/100. *a* Arterie. *v v* Venen. *c* Capillaren.

Die Capillaren wie die Venen benachbarter Körner communiciren mit einander. Leere arterielle cylindrische Hohlräume erscheinen in feinen Durchschnitten meist als rundliche und ovale Blasen, woraus auf eine drüsenartige Beschaffenheit derselben geschlossen worden ist: eine Täuschung, die an injicirten Präparaten wegfällt.

Lymphgefässe der Gl. coccygea sind nicht bekannt. — Die Nervenstämmchen kommen vom Ganglion coccygeum, können im Stiel der Drüse einzelne Ganglienzellen enthalten, sind Gefässnerven, führen blasse und 6—12 doppeltcontourirte Fasern; erstere vertheilen sich an die Muskelmassen und sind zuweilen als einzeln verlaufende von kernführendem Neurilem umgebene Fasern bis in die Wand der Hohlräume zu verfolgen; letztere endigen zum Theil im Stiel mit kleinen Vater'schen Körperchen; grössere finden sich im Unterhautbindegewebe an der Steissbeinspitze, zuweilen in kleinen Gruppen von 4—5 Körperchen.

Luschka hielt (1859) die Gl. coccygea anfänglich für eine Lymphdrüse, später für eine Nervendrüse wegen vermeintlich darin enthaltener Ganglienzellen und Endkolben. W. Krause (1860) fand die reichhaltige glatte Musculatur der Schläuche und den Zusammenhang von arteriellen Gefässen mit ihrer Wandung auf, J. Arnold (1864) wies Communication ihrer Hohlräume mit der A. sacralis media nach, sowie (1865) dass sich eine Gefässprovinz der Haut an der Spitze des Steissbeins bei Injection des Organs füllt. G. Meyer (1866) fand letzteres Verhältniss constant und schrieb der mächtigen glatten Musculatur die Bedeutung eines physicalischen Hülfs-Apparates — analog einem Caudalherzen, wie sie bei niederen Wirbelthieren, oder arteriellen *Wundernetzen*, d. h. besonders reichhaltigen Gefässplexus, die sich in Arterien fortsetzen, wie sie bei Edentaten und Halbaffen,

microscopisch nachweisbar auch beim Rind, Schwein, Pferd (J. Arnold, 1867) vorkommen — zu, um die Circulation in jener, während des Sitzens (beim Menschen und Affen) öfters gedrückten Hautstelle in Gang zu halten. Diese Ansicht wird durch das Folgende nicht ausgeschlossen und der Befund beim Affen konnte zur Unterstützung herangezogen werden.

W. Krause (1865) beobachtete bei Inuus cynomolgus eine 14 Mm. lange, 2 Mm. breite, 1,5 dicke Gl. coccygea am zweiten Schwanzwirbel. J. Arnold (1867) constatirte eine Anzahl mit den arteriellen Gefässknäueln des menschlichen Organs im Bau übereinstimmender Knötchen resp. Plexus: beim Hunde und Kaninchen vom achten, bei der Katze vom neunten, beim Eichhörnchen vom zehnten, bei Lutra vom zwölften, bei der Ratte und Maus vom vierzehnten Schwanzwirbel an, die sich bei den genannten Säugern bis zur Spitze des Schwanzes erstrecken. Der Beginn der Knäuel-artigen Bildungen fällt z. B. beim Kaninchen mit derjenigen Stelle des Schwanzes zusammen, an welcher dessen Wirbel ihre ausgeprägten Formen, namentlich ihre Processus verlieren, indem der Wirbelkanal am siebenten Schwanzwirbel aufhört. — Nun ist es bekannt, dass das Rückenmark ursprünglich, z. B. beim vierwöchentlichen menschlichen Embryo, bis zum letzten Wirbelkörper reicht und erst im Laufe der Entwickiung in seinem unteren Abschnitt rückgebildet wird, so dass es beim zehnwöchentlichen Fötus nur bis zum ersten Steisswirbel, beim Erwachsenen bis zum oberen Ende des zweiten Lendenwirbels sich erstreckt. Beim vierzehnwöchentlichen Fötus sah Heschl (1860) die Gl. coccygea in Form eines 0,2—0,4 grossen Gebildes, beim fünfmonatlichen constatirte Luschka dieselbe als ein wenig breiteres Knötchen an der Steissbeinspitze. Zu dieser Zeit ist die Rückbildung der Medulla zum Filum terminale bereits eingetreten, und die arteriellen Hohlräume der Steissdrüse sind nach allen Thatsachen nichts Anderes als verkümmerte Rr. dorsales der Seitenarterien, welche von der Aorta descendens in ihrem ganzen Verlaufe, auch in ihrem A. sacralis media genannten Endstücke abgegeben werden. Die Knäuel der Drüse sind mithin homolog den als Rr. dorsales resp. spinales persistirenden Aesten der Aa. intercostales und lumbales I—V des Erwachsenen. Weil das Rückenmark verkümmert, während ein relativ grosser Druck auf der Innenwand dieser fast direct aus der Aorta entspringenden Gefässe lastet, ist es begreiflich, dass sie noch weiter wachsen, ihre Muskelhaut ausbilden, sich aufknäueln und so zu den arteriellen Hohlgebilden der Gl. coccygea heranwachsen. Damit stimmt es überein, dass einzelne derselben constant beim Menschen längs der A. sacralis media vor den Steissbeinwirbeln (J. Arnold, 1865), sowie gelegentlich bei Thieren (beim Hunde Luschka, 1860, J. Arnold, 1867; bei der Katze, G. Meyer, 1866 etc.) einige Schwanzwirbel weiter aufwärts angetroffen werden. Als Varietät kommt das Zerfallen der Gl. coccygea in 3—6 kleinere Knötchen (Luschka, 1859) oder in einen grösseren rechten und kleineren linken Lappen (W. Krause, 1861) vor.

Glandula intercarotica.

Die *Gl. intercarotica,* Ganglion intercaroticum, Glandula carotica, Glomeruli arteriosi intercarotici, intercarotischer Knoten, Carotisdrüse, unterscheidet sich von der Gl. coccygea durch ihre beträchtlichere Grösse und das Vorhandensein zahlreicher Nervenplexus mit vielen doppeltcontourirten Fasern und Ganglienzellenhaufen, welche von den Plexus carotici stammen. Die A. carotis communis gibt von ihrer medialen Wand nähe an der Theilungsstelle mehrere feine Zweige ab, die sich theilen, aufknäueln und ganz ähnliche *Körner,* Drüsenkörner, Gefässconvolute, bilden wie die der Gl. coccygea. Auch von der A. carotis externa pflegt ein analog sich verhaltender Ast abgegeben zu werden. Die Schläuche haben mehr den Bau weiter Capillaren: eine structurlose Intima, aber schon im frischen Zustande deutliches, leicht ablösbares, länglich-spindelförmiges oder polygonales Endothel, auch Perithelzellen; die feste Umhüllung mit glatten Muskelfasern fehlt. Das interstitielle Bindegewebe ist nämlich locker, reich an Fettzellen und elastischen Fasern; die Venen der Körner sind weit, Lymphgefässe nicht bekannt, die Ganglienzellen haben Fortsätze.

Die Ursprungsstelle der A. carotis interna entspricht dem Anfange der embryonalen dritten Kiemenarterie und die arteriellen Gefässe der Gl. intercarotica sind als Ueberreste von embryonalen Aesten der letzteren aufzufassen, nach Analogie mit der Gl. coccygea (s. oben). Das Organ ist beim Kaninchen leicht zu injiciren (W. Krause, 1868); auch beim Hund (J. Arnold, 1865), Igel, der Katze, dem Schafe (Pförtner, 1869), sowie dem Kalbe und Pferde (Luschka, 1862) nachgewiesen. Bei den Batrachiern enthält dasselbe quergestreifte Muskelzellen wie die des Herzens (Leydig, 1857). — Die Gl. intercarotica des Menschen war schon Haller (1713) bekannt.

Blut.

Das *Blut, Sanguis,* ist eine rothe Flüssigkeit, dickflüssiger und schwerer als Wasser, von 1,0576—1,0624 im Mittel 1,0598 (Nasse, 1857) spec. Gewicht, klebrig, nicht fadenziehend, von fadem, etwas salzigem Geschmack und eigenthümlichem Geruch: es besteht aus einem flüssigen Theile, der Blutflüssigkeit, und aus den in der Blutflüssigkeit schwimmenden Blutkörperchen, die als rothe und weisse Blutkörperchen oder Lymphkörperchen unterschieden werden. — Die *Blutflüssigkeit* oder das *Blutplasma, Liquor sanguinis* s. Plasma sanguinis, ist dünnflüssig, klar, farblos oder schwach gelblich, reagirt alkalisch; sie hält die Blutkörperchen suspendirt, welche indessen, da sie schwerer

sind, in ihr sich senken können; ausserdem schwimmen in ihr die Lymphkörperchen, Chyluskörnchen und sehr kleine Fetttröpfchen, in veränderlicher, immer im Vergleich zu den Blutkörperchen sehr geringer Anzahl. Sie besteht aus Wasser, aufgelöstem Faserstoff, Eiweiss, Fett, Salzen u. s. w.

Ausserhalb der Gefässe gerinnt der Faserstoff und das Blut verwandelt sich in eine fettreiche blutrothe Masse, Blutgerinnsel, Coagulum sanguinis: späterhin scheidet es sich in eine festere Masse, den *Blutkuchen, Crassamentum* s. Placenta sanguinis, und in das *Blutwasser, Serum sanguinis,* indem bei der Zusammenziehung des Coagulum auf einen kleineren Raum der grösste Theil des Blutwassers aus ihm hervorgepresst wird. Das quantitative Verhältniss beider ist verschieden; gewöhnlich beträgt der noch feuchte Blutkuchen ein Dritttheil der ganzen Blutmasse, getrocknet 12 bis 13 %. Er enthält den geronnenen Faserstoff und die in diesen eingeschlossenen Blutkörperchen, Lymphkörperchen, einen Theil des freien Fettes und einen Antheil des Serum. Das Serum ist von gelblicher, oft röthlicher oder grünlicher Farbe, welche von einem kleinen Antheil aufgelösten Hämatins herrührt; hat ein spec. Gew. von 1,027 bis 1,029 und enthält ungefähr 90,5 % Wasser; Eiweiss und 1,5 % der übrigen Bestandtheile des Liquor sanguinis an Salzen, Fetten u. s. w.

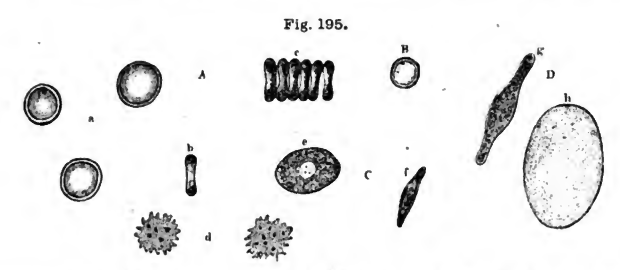
Die **Blutkörperchen** schlichtweg oder rothen Blutkörperchen, rothen Blutzellen, farbigen Blutkörperchen, Blutkügelchen, Blutkörnchen, Blutbläschen, Blutscheiben, *Corpuscula sanguinis,* sind Oikoblasten (S. 13), denen das Blut seine bei auffallendem Licht in dicken Schichten rothe Farbe verdankt; das arterielle Blut ist hochroth, das venöse dunkler; das der Capillaren dunkler als das erstere, heller als das letztere. Die Blutkörperchen sind dichroitisch: einzeln, bei durchfallendem Lichte betrachtet, erscheinen sie gelb-grünlich: *blutgrün.* Ihre Gestalt ist die einer kreisrunden, auf beiden Seiten schwach concaven Scheibe mit dickeren, sanft abgerundeten Rändern, centraler Depression und glatter Oberfläche; wegen ihrer festweichen Consistenz, sehr geringen aber ausserordentlich vollkommenen Elasticität können sie jedoch — an einander oder an die Wände enger Gefässe gedrängt — eine ovale, längliche, gebogene oder an einem Rande eingedrückte Gestalt annehmen; auf Theilungswinkeln der Capillaren reitend sogar die Form einer Hantel oder eines Doppel-Geldbeutels. Indem Froschblutkörperchen etc. bei Circulationsstörungen sich mittelst äusserst feiner, fadenförmiger Verdünnung ihres Leibes sich durch die etwas weiter gewordenen Stomata (S. 319) übrigens unverletzter Capillargefässe hindurchdrängen (Diapedesis sanguinis), bieten sie in den verschiedenen Zeitmomenten ihres Durchtritts theils birnförmige wie gestielte Formen, theils die Doppelgeldbeutel-Gestalt. Oder sie zerreissen auch in zwei Kugeln, von welchen die eine im Gefäss zurückbleiben kann (J. Arnold, 1873). — Ausserhalb der Gefässe werden sie in zähflüssigen Medien, wie Leim, Gummischleim etc., durch Zug zu langen unregelmässigen, oft spindelförmigen Gebilden; und zeigen, im Serum untersucht, eine Neigung, mit ihren platten Flächen sich an einander zu legen, Geldrollen zu bilden (Fig. 195 *c*), was eine auf Molecular-Attraction beruhende Capillaritäts-Erscheinung ist, wobei erstere nur an den Rändern der biconcaven Scheiben wirksam wird. Daher tritt die Geldrollenform nur im Säugerblute auf, weil die übrigen Wirbelthierclassen biconvexe Scheiben haben. Der Durchmesser menschlicher Blutkörperchen wechselt von 0,0047 bis 0,0087; die meisten messen 0,0072 — 0,0079, im Mittel 0,0077 und die grösseren sind sparsamer vorhanden, als die kleineren: am Rande sind sie 0,0016 — 0,0019 dick, in der Mitte dünner, kaum 0,0014.

Nach Welcker (1863) beträgt die Anzahl der Blutkörperchen in einem Cub.-Mm. 5 Mill. bei Männern, 4½ bei Frauen; ihr Gesammtvolumen 36 % des Blutes; das Volumen eines einzelnen Körperchens 0,072 Milliontel Cub.-Mm.; seine Oberfläche 0,000128 Quadrat-Mm.; sein absolutes Gewicht 0,00008 Mgrm.; sein specifisches 1,105. Das

Gesammtvolumen des Blutes aber 4400 Cub.-Cm., sein Gesammtgewicht 4—5 Kgrm., die Gesammtoberfläche seiner Körperchen 2816 Quadratmeter. Alle solche Zahlen beruhen auf Schätzungen. — Die Blutkörperchen des Frosches wurden von Swammerdam (1658), die des Menschen von Leeuwenhoek (1674) entdeckt.

Die Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere enthalten keinen Kern; die der übrigen Wirbelthiere sind elliptische, biconvexe Scheiben mit

Fig. 195.



Rothe Blutkörperchen frisch, ohne Zusatz. V. 1000. *A* des Menschen; *a* von der Fläche, die centrale Depression erscheint hell, ebenso die erhabene Parthie des convexen Randes als heller Ring; *b* auf der Kante; *c* Geldrollenförmige Anordnung. *d* nach einiger Zeit zackig (todtenstarr) gewordene Blutkörperchen. *B* Blutkörperchen des Schafes von der Fläche. *C* des Huhnes, *e* von der Fläche mit deutlichem granulirten Kern, *f* auf der Kante. *D* des Frosches, *g* auf der Kante; *h* von der Fläche, die Stelle des Kerns erscheint heller.

einem ellipsoidischen, abgeplatteten, der Länge nach gestellten, schon im lebenden Blutkörperchen feingranulirten (S. 12) Kern in ihrem Centrum, dessen Dicke bedeutender ist als die des peripherischen Theils der Scheibe (Fig. 195 *f*, *g*). Dadurch erhält das kernhaltige Blutkörperchen seine scheinbar biconvexe Scheibenform; in Wahrheit ist auch hier eine centrale Depression vorhanden, die jedoch grösstentheils von dem hervorspringenden Kern eingenommen wird (Kollmann, 1873).

Bei den Säugethieren sind Grössen-Differenzen vorhanden, die auch am vorsichtig in dünner Schicht verdunsteten Blutstropfen sich erhalten, nicht aber in beliebig zusammengetrockneten Blutflecken. Die Durchmesser kommen bei Affen, Raubthieren (Hund, Katze) denen der menschlichen Blutkörperchen nahe, grösser sind sie beim Elephanten (0,0094), sowie bei Edentaten (Orycteropus, nach Gulliver, 1870); kleiner beim Pferd, Schwein und namentlich bei Wiederkäuern (Schaf 0,005, Ziege 0,0041, Moschus javanicus 0,0025). Beim Kaninchen betragen sie 0,0069; das Lama und Kameel haben elliptische Blutscheiben, ersteres von 0,008 Länge, 0,004 Breite; dagegen Petromyzon marinus kreisförmige, kernhaltige *biconcave* Scheiben von 0,015 Durchmesser. Kleiner sind die elliptischen biconvexen Scheiben bei den Vögeln (Huhn 0,0121 lang, 0,0072 breit; Ente 0,0129 zu 0,0080; Taube 0,0147 zu 0,0065); ähnlich bei Knochenfischen (Cyprinus 0,0131—0,0177 zu 0,008—0,0101), auch bei einigen sog. Knorpelfischen (Acipenser sturio 0,0134 zu 0,0101); dagegen grösser bei Lacerta agilis (0,0159 zu 0,0099), noch grösser bei Fröschen, Salamandern und Tritonen (Rana temporaria 0,0223 zu 0,0157), am grössten beim Proteus (0,05 9 resp. 0,0582 zu 0,0337—0,0356), ähnlich bei Cryptobranchus japonicus (0,017 zu 0,033, Harting, 1858), und Lepidosiren annectens (0 011 zu 0,029). Diese Angaben beruhen fast alle auf von Welcker (1863) mitgetheilten, unter sich vergleichbaren Durchschnittswerthen.

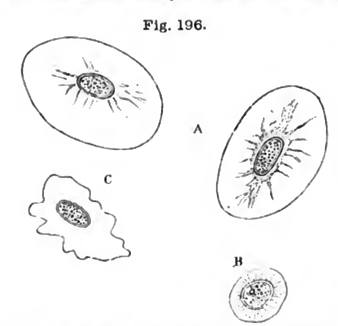
Chemisches Verhalten.

An den grossen kernhaltigen Blutkörperchen der nackten Amphibien sind der feinere Bau und chemische Einwirkungen am besten zu studiren; dieselben Resultate — vom Kern abgesehen — ergeben sich aber auch für die des Menschen resp. der Säuger.

Das Blutkörperchen besteht aus einem farblosen Stroma, dessen äusserste als scharfe Contour erscheinende Begrenzung häufig für eine Membran angesehen worden ist, und einem in die Zwischenräume des radiärfasrigen Stroma (Fig. 196 *A*) eingelagerten blutgrünen Eiweisskörper, dem Hämoglobin. Die Stromabalken bildet ein in festem Aggregatzustande befindlicher Eiweisskörper, wie aus der vollkommenen Elasticität des Blutkörperchens erschlossen werden muss; sie sind netzförmig verbunden, nach der Peripherie hin resistenter. Die Zwischenräume, welche das Hämoglobin einnimmt, communiciren unter einander. Letzteres ist nicht in Lösung, doch aufgequollen und wie es scheint weicher resp. wasserhaltiger als das Stroma: ungefähr wie zähes Eiereiweiss. Durch Behandlung eines frischen Froschblutstropfens (am schönsten bei Proteus anguinus) mit 33 %igem k o h l e n s a u r e m K a l i ist das farblose Stroma bequem darzu-

stellen (Fig. 196 *A*), indem das Hämoglobin zuerst gelöst und der Kern deutlich sichtbar wird. Nach kurzer Zeit quillt das Stroma wie mit einem Ruck zu dem Mehrfachen seines Volumen auf: die radiärfasrigen Verbindungsbalken zwischen Centrum und Peripherie sind schliesslich gerissen, nachdem sie anfangs durch das Alkali gequollen waren, und bei mittleren Vergrösserungen ist nur die Randcontour des Stroma, als heller Ring das Körperchen umsäumend, erkennbar. Auch kann das Körperchen platzen und das Stroma sich falten (Fig. 196 *C*).

Fig. 196.



Blutkörperchen des Frosches, frisch mit Zusatz von kohlensaurem Kali. V. 1000. *A* zwei rothe; die Kerne sind doppeltcontourirt, getrübt; die Zellen zeigen ihr Stroma. *B* Lymphkörperchen, ebenso, mit deutlichem Stroma. *C* ein rothes nach etwas längerer Einwirkung des Reagens faltig geworden.

Kurze Zeit — bei einigen Blutkörperchen momentan — nachdem das Blut aus einem lebenden Säuger genommen ist, wird die Oberfläche höckrig, maulbeerförmig, später zackig, Stechapfel-ähnlich (Fig. 195 *d*), und zugleich kuglig. Diese Erscheinung beruht weder ausschliesslich auf Verdunstung resp. dadurch veranlasster Schrumpfung, obgleich Verdunstung sie herbeiführt; noch hängt sie vom Erkalten ab, obgleich Abhaltung beider Einwirkungen das Auftreten ersterer verzögern kann; noch weniger beruht sie auf Contractilität des Blutkörperchenleibes, wofür sie als Beweis angesprochen worden ist — sondern es handelt sich um eine spontane *Gerinnung*, analog der Fibringerinnung, welche der Todenstarre oder dem Kuglig-werden eines abgestorbenen Lymphkörperchens (S. 333, Fig. 198 *d*) vergleichbar ist. Eine entsprechende Veränderung tritt bei den Blutkörperchen kaltblütiger Thiere später auf und indem erstere faltig werden, ähnelt ihre Form auch der Fig. 196 *C*.

Längere Einwirkung von wiederholten Inductions- und Entladungsströmen lässt diese Veränderungen an Froschblutkörperchen deutlicher hervortreten: anfangs fleckig, werden sie faltig, windschief gebogen, in radiären Strahlen verdickt, endlich kuglig und entfärbt, während der Kern deutlich bleibt. Unter denselben Einwirkungen werden auch die Säugerblutkörperchen anfangs Rosetten-förmig (Rollett, 1865), später kuglig und entfärbt. In constanten Strömen tritt am negativen (Alkali-) Pol anfangs balkige Gerinnung, später auch Bildung von Ausläufern und langen Fäden, schliesslich Lösung auf; am positiven wird die entstehende Säuerung massgebend (S. unten).

Mechanische Einwirkungen, Zug und Druck zertrümmern die Blutkörperchen in Fragmente, von denen jedes aus Stroma und farbigem Hämoglobin besteht. Die Amphibienblutkörperchen können mit einem scharfen Rasirmesser sogar zerschnitten werden, wobei nicht etwa ein gelblicher Inhalt ausfliesst. Starke Quetschung trennt jedoch das Hämoglobin theilweise in rundlichen Massen vom Stroma.

Fig. 197.




Rothe Blutkörperchen des Frosches 24 Stunden lang mit 4 %iger Rohrzuckerlösung behandelt. V. 600. Die hellen Stellen sind durch Zuckerlösung gequollenes Stroma, die dunkeln bestehen aus gelbem Hämoglobin. Das obere Körperchen ist an der Seite eingekerbt.

Sternförmige Gerinnung. Eine 3—4 %ige Rohrzuckerlösung macht das Hämoglobin der Frosch- und Tritonenblutkörperchen gerinnen. Dasselbe ballt sich als intensiv gelbliche Masse um den nicht sichtbaren Kern, von welcher Masse gelbe Strahlen zur Peripherie laufen, die sich an einen schwächer gelb gefärbten Saum inseriren (Fig. 197). Letzterer erscheint sehr deutlich doppeltcontourirt: auf der *Kanten-Ansicht* ergibt sich die den Kern umgebende Masse mitunter mehr kuglig als ellipsoidisch, und zusammen mit dem doppeltcontourirten ringförmigen Saum gleicht das Bild frappant dem Saturn mit seinem Ringe. — Die Einwirkung verfolgend, sieht man das Stroma zu kleinen Vacuolen aufquellen, die sich vergrössern und dadurch das Bild der gelben Kernmasse mit ihren Strahlen erzeugen. Die ungefärbten Parthien sind also gequollenes Stroma resp. eingesogene Zuckerlösung. Aehnliche Bilder einer solchen sternförmigen Gerinnung des Hämo-

globins liefern ausser Zucker (Hensen, 1862) und concentrirtem schwefelsauren Natron (Böttcher, 1866) auch kohlensaures Ammoniak (Hünefeldt, 1840) und 4—7 %iges Chlorammonium.

Mit dieser Gerinnung ist eine andere Erscheinung nicht zu verwechseln, die als *balkige Gerinnung* (Rollett, 1870) bezeichnet wird. Sie charakterisirt sich dadurch, dass vom Kern stärker lichtbrechende, trübe, grünliche Balken ausgehen, die bis zur Peripherie reichen und unter einander sich netzförmig verbinden. Die Zwischenräume sind nicht gänzlich farblos, obgleich das Hämoglobin wesentlich auf die Strahlen und um den Kern sich concentrirt, sondern auch grünlich, trübe, dabei aber heller und schwächer lichtbrechend. Das Körperchen im Ganzen erscheint fleckig. Im Beginn tritt momentan eine gleichmässige Trübung der ganzen Körperchensubstanz auf, welche sogleich zu Balken und Strahlen und um den Kern sich zusammenballt. — Zuletzt werden der Rand des Körperchens gekerbt, der Kern eckig oder zackig, die Balken feiner und blasser. Die balkige Gerinnung erscheint nach Zusatz von 2%iger Borsäure zu Frosch- oder Tritonenblut, welches mit 1%iger Chlornatriumlösung versetzt worden war; ferner an der positiven Electrode, wenn solches mit sehr verdünnten Lösungen neutraler Salze oder Wasser gemischtes Blut einem constanten electrischen Strom (Rollett) ausgesetzt wurde; ebenso nach Behandlung desselben statt des Stromes mit Haloiden, Kohlensäure, verdünnterer Borsäure: auch nach gänzlicher Entfärbung der Körperchen. Die balkige Gerinnung ist mithin eine secundäre: sie besteht in der Ausscheidung einer Substanz, die in durch Verdünnung veränderten Blutkörperchen mittelst Kohlensäure etc. oder Electrolyse am Säurepol niedergeschlagen wird.

Auffällige Erscheinungen bringen möglichst concentrirte oder doch mehr als 15% (Kölliker, 1855) enthaltende Harnstofflösungen hervor. In ersteren treten nicht nur Einkerbungen des Randes und strählig-fleckige Sonderung des Hämoglobins vom Stroma auf, sondern in Form von Tropfen, Kugeln, Kolben quellen blutgrüne Kügelchen aus dem Körperchen heraus, ziehen sich in die Länge, vergrössern sich, schnüren sich ab, und wenn nur wenige aber grosse Theilstücke auftreten, bilden sich die bizarrsten, an Zelltheilung erinnernden Formen. Zum Theil nehmen die Körperchen direct Kugelgestalt an, oder stossen ihren Kern aus, entfärben sich und verschwinden spurlos. Auch die Kerne können aufgelöst werden; in 8%iger (Kneuttinger, 1865) Harnstofflösung trennt sich das Hämoglobin in Form einer gelben Kugel von dem zurückbleibenden, unregelmässig geformten, den Kern enthaltenden Stroma.

An diese Veränderungen schliessen sich die durch Wärme hervorgebrachten, die zum Theil als Wärmestarre gedeutet werden können. Die Blutkörperchen der Säuger nehmen, auf 52° C. unter dem Microscop erwärmt, Rosetten-, Maulbeer-, Stechapfel-Form an, treiben farbige Fäden wie Perlschnüre oder glatte Ausläufer; kleinere und grössere blutgrüne Tröpfchen trennen sich ab und endlich treten scheinbare Theilungsformen, sowie Zerfall in Kügelchen auf. Zwischen 40—50° werden die Körperchen kuglig, auf 60° erwärmt gehen sie zu Grunde und das Blut wird in dicken Schichten bei auffallendem Licht dunkelroth, zugleich durchsichtiger, weniger reflectirend, weil die Blutkörperchen zerstört sind; in dünnen Schichten bei durchfallendem Licht dagegen heller — durchsichtig-roth oder, wie man zu sagen pflegt: lackfarbig. (Mit diesem Ausdruck ist der Gegensatz zu Deckfarben gemeint, welche letzteren den undurchsichtigen Pigmenten zugeschrieben werden.) Ueber 43° erwärmte Froschblutkörperchen schnüren sich ein, werden fleckig, lassen sehr kleine Tröpfchen austreten und trüben sich körnig bei 55—60°.

Gefrierenlassen des Blutes und Wiederaufthauen bedingt nach einmaliger oder mehrmaliger Wiederholung Auflösung des Hämoglobins im Serum: die Blutkörperchen werden blass, auch wohl kuglig, schliesslich gelöst, das Blut lackfarbig. Die Stromata behalten, so lange sie zu erkennen sind, die elastischen Eigenschaften der Blutkörperchen selbst. — Die Kerne erhalten sich.

Neutrale wässrige Lösungen von Salzen oder endosmotisch wirksamen Substanzen verhalten sich nach ihrer Concentration verschieden. Nur wenige Mischungen sind bekannt, welche Form und Grösse, auch die Farbe der Blutkörperchen unverändert lassen, und diese Lösungen sind nicht für alle Thiere dieselben. Eiweisshaltige Flüssigkeiten, namentlich Serum, stehen oben an; für die menschlichen Blutkörperchen ist zu erwähnen: 0,5%ige Kochsalzlösung, 0,2%ige Osmiumsäure, welche die Farbe etwas trübt, 0,6 bis 5%iges schwefelsaures Natron, 5%iges neutrales molybdänsaures Ammoniak (W. Krause, 1870). H. Müller'sche Flüssigkeit (S. 3) erhält die Form, bewirkt aber eine körnige Trübung des Zellenleibes und geringe Verkleinerung.

Concentrirtere Lösungen, welche höheres endosmotisches Aequivalent haben, machen die Blutkörperchen schrumpfen, Rosetten-förmig, meistens zugleich elliptisch. Manche Körperchen sind windschief gebogen, was sich wohl durch Einwirkung des Reagens zunächst auf eine Fläche derselben erklärt. Planconvexe oder concav-convexe Formen können so gedeutet werden, dass unter endosmotischer Quellung des Hämoglobins die Stromabalken

zunächst an der convex gewordenen Fläche des Körperchens gerissen sind. Das Blut reflectirt stärker, wird undurchsichtiger, heller bei auffallendem Licht: ziegelroth. Hierher gehören 33%iges essigsaures Kali, Chlornatrium (z. B. 5%iges), 10%iges schwefelsaures Natron, resp. schwefelsaure Magnesia, concentrirtes Jodwismuth-Jodkalium (Böttcher, 1866), mittlere Concentrationsgrade von salpetersaurem Natron und Kali, Chlorammonium, borsaurem Natron, 25%ige Rohrzuckerlösung und viele andere Neutralsalze. Concentrirte Salzlösungen machen die Blutkörperchen stark schrumpfen, dann aufquellen, kuglig, und entfärben sie. — Kernhaltige Blutkörperchen zeigen den Unterschied von Stroma und Hämoglobin wie in kohlensaurem Kali (S. 328).

Im Gegensatz zu diesen schrumpfenden Wirkungen steht die des Wassers und hinlänglich verdünnter Lösungen überhaupt. In geringerer Menge angewendet, tritt zunächst Gerinnung mit ihren entsprechenden Formen auf; bei intensiverer Wirkung werden die Körperchen nach und nach kuglig, dabei aufangs ihr Durchmesser kleiner, als der Längsdurchmesser des lebenden Körperchens; dann quellen sie auf, werden blasser, hellgelblich, schliesslich oft ruckweise zerstört oder allmälig aufgelöst. Das Stroma bleibt aber zunächst noch erhalten, und ist z. B. durch Jod, concentrirte Salzlösungen, Chromsäure wieder sichtbar zu machen. Aehnlich wie Wasser wirken Chlorwasser, wässrige Jodlösung, Aether, Chloroform, verdünnte Pyrogallussäure, sehr verdünnte Harnstoff- oder Zucker-Lösungen etc. Kernhaltige Körperchen zeigen unter diesen Umständen einen granulirten Kern (s. auch S. 12). Die des Frosches behalten ihre Form nach kurzem Verweilen in siedendem Wasser, das körnig gewordene Hämoglobin kann durch Säuren entfärbt, das geronnene Stroma auf diese Art dargestellt werden. Säugethierblutkörperchen dagegen werden von siedendem Wasser zerstört (Böttcher, 1866).

Säuren wirken in verdünnten Lösungen wie Wasser, jedoch schneller, und lösen die Blutkörperchen nach kürzerer oder längerer Zeit. Verdünnte Chromsäure, Chlorwasserstoffsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Pikrinsäure, Phosphorsäure, Milchsäure etc., beim Frosch auch verdünnte Essigsäure, bewirken trübe Niederschläge im Zellenleibe; in kernhaltigen Blutkörperchen intensive gelblich-bräunliche Färbung des Kernes durch gelösten und auf den Kern niedergeschlagenen Blutfarbstoff. Essigsäure über 20% ruft letztere Wirkung intensiver hervor, die Zellenkörper werden schneller gelöst. Concentrirte Schwefelsäure oder Chlorwasserstoffsäure verkleinert die Körperchen; in ebensolcher Salpetersäure erhalten sie sich mehrere Stunden. Milchsäure löst die Blutkörperchen auf. — Borsäure von 2% färbt den Kern von Batrachierblutkörperchen gelb, macht letztere anfangs eiförmig, entfärbt das Hämoglobin, zuerst die Entstehung farbloser Vacuolen veranlassend, löst dasselbe später ganz, während Stroma und Kern zurückbleibt; oder letzterer tritt mit dem centralen Theil des Stroma aus dem geplatzten Körperchen. — Gerbsäure (Tannin) von 0,5% lässt das Stroma radiärfasrig hervortreten und treibt das Hämoglobin incl. Kern unter Platzen nach aussen; concentrirtere Lösungen bewirken Zerstörung (beim Salamander, Böttcher, 1866). — Eigenthümliche Veränderungen erleiden die Säugerblutkörperchen durch eine concentrirte wässrige Lösung von Pyrogallussäure. Die biconcave Scheibe strebt der Kugelgestalt zu; an ihrer Peripherie entsteht ein Coagulum, welches sich als doppeltcontourirter Ring markirt, das Centrum erscheint schwachkörnig und leicht bräunlich gefärbt, während die Kugelschale zwischen den beiden doppelten Contouren sich mit stark lichtbrechender, grobkörniger, klumpiger Masse füllt, die durch Risse der äussersten Peripherie auszutreten pflegt. Im Innern der centralen leichtkörnigen Substanz können sich Vacuolen bilden.

Alkalien lassen in concentrirten Lösungen die Körperchen faltig, zackig, kleiner, kuglig werden. Nach Wasserzusatz quellen sie zum Doppelten ihres Durchmessers auf und lösen sich dann. Rasch tritt die Kugelform und gänzliche Lösung in verdünnten fixen Alkalien, namentlich 0,1—5—15%igen, ein. Ammoniak zieht anfangs das Hämoglobin aus und lässt das Stroma in seiner Form bestehen, das dann durch Jod gelblich zu färben ist. Obgleich sehr verdünnte ätzende Alkalien, auch Baryt, Strontian und Kalk, wie Wasser wirken, unterscheiden sie sich doch wesentlich durch gänzliche Auflösung des Stroma, das nicht wieder sichtbar zu machen ist; Kerne quellen bei schwacher Einwirkung, werden nachher auch aufgelöst. — Wie die Alkalien lösen Galle, Gallensäuren und gallensaure Salze die Blutkörperchen der höheren Wirbelthiere auf: beim Frosch bleibt das Stroma erhalten.

Alkohol und alkoholische Lösungen, z. B. von Jod, bedingen körnige Gerinnung im Zellenleibe, und später Zerfall in Körnchen, in concentrirteren Lösungen auch Schrumpfung; Aether löst die Blutkörperchen, wobei helle Ringe sichtbar werden; Benzol und Schwefelkohlenstoff bewirken das Austreten von Hämoglobin; Kreosot körnige Gerinnung, aber wegen seines hohen Brechungsindex erscheint die häufig von etwas Serum umgeben bleibende Körperchencontour auffallend dunkel, das Körperchen dagegen sehr blass nach Durchdringung mit dem Reagens.

Die meisten Metallsalze, wie überhaupt manche Eiweiss-coagulirenden Mittel, erzeugen ebenfalls körnige Trübung. In 0,2%iger Sublimatlösung pflegt die letztere bei

Froschblutkörperchen an der Peripherie des Kernes zu beginnen. Salpetersaures Silberoxyd, schon in 5%iger Lösung, bewirkt Zerfall der meisten Körperchen in gelbliche Körnchen.

Von Gasen dunkelt Kohlensäure die Hämoglobinfarbe; Sauerstoff und weit schneller Ozon resp. Ozon-haltiges Terpenthinöl machen das Blut lackfarben und lösen die Körperchen. In gewässertem Froschblut bewirkt die erstere feinkörnige Trübung der Blutkörperchen (Paraglobulin), welche nach Sauerstoffzuleitung schwindet, was sich wiederholen lässt. — Dämpfe von Aether, Alkohol, Schwefelkohlenstoff erzeugen wulstige und kuglige Form der Körperchen, schliesslich entfärben sie dieselben. Kernhaltige Blutkörperchen entfärben sich ebenfalls unter Wulstung der Ränder. Chloroformdämpfe bewirken Entfärbung oder rasche Zerstörung, unter Lösung des Hämoglobins von der Peripherie her. Nach Behandlung mit Schwefelkohlenstoff (oder Kohlenoxyd) lässt sich das Stroma als radiäre Streifen erkennen. Dämpfe von Essigsäure, schwefliger Säure oder Chlorwasserstoffsäure entfärben die Blutkörperchen; salpetrige Säure oder Chlorwasserstoffsäure trübt die des Frosches, letztere macht sie nachher blass, indem das Stroma sich erhält; Dämpfe von Ammoniak lassen die Blutkörperchen zu Anfang kleiner und kuglig werden, lösen sie allmälig; Schwefelwasserstoff macht die Farbe grünlich, die Contouren etwas unregelmässig (Huizinga, 1868). Jod- oder Osmiumsäure-Dämpfe bewirken Erstarrung (Schweigger-Seidel und Schmidt, 1868). — Die Kernflüssigkeit enthält einen durch Kohlensäure fällbaren, in verdünntem Ammoniak löslichen Eiweisskörper (Paraglobulin) und einen zweiten, der in Säuren unverändert und durchsichtig bleibt (Lankester, 1871).

Chemische Tinctionsmittel haben weniger Aufschluss gegeben, als man erwarten sollte. Hämatoxylin färbt direct die Kerne blauviolett, wobei der Zellenleib in zierlicher Weise gelb bleibt: Carmin erst bei nachträglicher Ansäuerung, gerade wie das gelöste Hämatin (S. 330) auf den Kern niedergeschlagen wird; oder nach Gefrieren oder Behandlung mit Entladungsschlägen (Rollett, 1869). Anilinblau macht den Kern dunkelblau, das Hämoglobin wird gelöst, der centrale, schwachblau gefärbte Theil des Stroma tritt aus dem als ungefärbte Kugelschale zurückbleibenden peripherischen unter Platzen des letzteren aus: was man als Beweis für das Vorhandensein einer Umhüllungs-Membran angesprochen hat (Rindfleisch, 1863). — Bei allen Blutkörperchen häuft sich das Hämoglobin oder vielleicht ein Zersetzungsproduct desselben durch Einwirkung von salpetersaurem (Roberts, 1863), nach Böttcher (1866) auch von essigsaurem Rosanilin an einem Punkte der Blutkörperchen-Peripherie in Form eines rothen Fleckens an, der durch Tannin (S. 330) oder pikrinsaures Natron (Erb, 1865) buckelförmig hervorgetrieben wird. Der diese Macula bildende Körper ist für eine vom Hämoglobin verschiedene, einen dritten Bestandtheil des Blutkörperchenleibes bildende Substanz gehalten worden. In Tritonenblut bewirkt 0,5%ige Tanninlösung bräunliche Färbung an den meisten Körperchen des dicht mit stachelförmigen, leicht tingirten Ausläufern besetzten Kernes. Batrachierblutkörperchen zeigen rothe Kerne nach Behandlung mit salpetersaurem oder chlorwasserstoffsaurem Rosanilin (Preyer, 1864).

Olivenöl lässt die Körperchen sehr blass erscheinen; ihr Brechungsindex ist niedriger, als der des Oeles (= 1,47).

Aus allen diesen zahlreichen Thatsachen der Beobachtung sind keine weiteren Aufschlüsse über die Structur des Blutkörperchens zu entnehmen, als sie oben (S. 327) gegeben wurden. Dass das Hämoglobin gerinnen kann, lehrt die directe Beobachtung (S. 328); die Zacken sind als Enden der unveränderten oder starrer gewordenen Stromabalken zu betrachten. Durch vielerlei Einflüsse wird dieser Vorgang beschleunigt. Die meisten Reagentien lösen das Hämoglobin und bringen das ungefärbte Stroma wenigstens zeitweise zur Anschauung; andere veranlassen körnige Gerinnungen, Coagulation; noch andere demonstriren oder färben den Kern. Am wichtigsten ist gewöhnlich die Concentration des einwirkenden Medium: entsteht ein Diffusionsstrom in das Körperchen hinein, so quillt es, weil das Stroma Wasser aufnimmt, wobei das Hämoglobin sich ebenso verhält oder auch gleich gelöst wird. Später kann Platzen eintreten, weil der peripherische Theil des Stroma grösseren Widerstand leistet: der Kern mit oder ohne Hämoglobin, mit oder ohne den centralen Theil des Stroma oder ersteres allein können austreten. Geht die endosmotische Strömung dagegen vom Innern des Körperchens nach aussen, so schrumpft dasselbe zusammen (S. 329). Am intensivsten zerstörend wirken Erhitzung und Salze von hohem endosmotischen Aequivalent auf die Formen der Körperchen: sie zertheilen dieselben in Tropfen und Fäden von der mannigfaltigsten Form. Die Erscheinungen erklären sich durch die Annahme, dass relativ starke endosmotische Kräfte einzelne Parthien des Hämoglobins beträchtlich aufquellen machen: dadurch entstehen Zusammenballungen, fleckiges Aussehen der Körperchen; Verschiebungen des Kernes, wenn das Stroma theilweise zerstört ist; Austreiben von Fäden oder Perlschnüren, wenn kleine Risse im peripherischen

Theil des Stroma auftreten; ruckweises Platzen, Austritt des Kernes sammt Umgebung etc., wie erwähnt, bei grösserem Einriss.

Auftreten von Tropfen, Fäden etc. kommt auch bei spontaner Zersetzung in Blutextravasaten vor. Hämoglobinkrystalle können in Blutkörperchen selbst (Kölliker, 1849, bei Fischen; Böttcher, 1866, beim Hund) entstehen; ersteres krystallisirt aus lackfarbigem, z. B. gefrorenem Blut. Zersetzungsproducte des Hämoglobins sind Hämatin, Hämatoidin und Haemin, welche letzteren in microscopischen Krystallen erhalten werden. — Das Stroma der Blutkörperchen wurde zuerst von Nasse (1812) unterschieden. — Laptschinsky (1874) glaubt, dass durch Gerbsäure, Rosanilin etc. eine im frischen Blutkörperchen unsichtbar vorhandene glashelle Substanz gefärbt werde.

Die durch Reagentien etc. an ganz frischen Blutkörperchen bewirkten Veränderungen richten sich — von Speciesdifferenzen abgesehen — nach der Concentration der Lösung, nach ihrer Quantität im Verhältniss zum verwendeten Blut, nach der Zeitdauer ihrer Einwirkung und nach eigenen, vielleicht von ihrem Lebensalter abhängigen Differenzen verschiedener Blutkörperchen desselben Thieres, da ältere Zellen wahrscheinlich besser widerstehen als junge oder schon in Auflösung begriffene. Doch ist hierüber nichts Sicheres ermittelt, als dass eben Verschiedenheiten vorkommen. Abgesehen von der Differenzirung in Stroma, Hämoglobin und Kern besteht das Blutkörperchen jedenfalls aus mehreren eiweissartigen Substanzen, enthält Protagon etc. Die Einwirkungen von Reagentien beziehen sich auf die Brechungsindices, auf Diffusionserscheinungen oder sind chemischer Natur, und aus alle dem eben Gesagten wird die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen verständlich. Eine gründliche physicalische Analyse ist noch Desiderat: sie müsste davon ausgehen, die am meisten störende Fehlerquelle unwirksam zu machen, nämlich die letzterwähnten individuellen Verschiedenheiten benachbarter Blutkörperchen unter einander.

Ausser den beschriebenen findet man im menschlichen, aus kleinen Hautwunden gewonnenen Blut regelmässig einige kleinere, 0,005—0,006 messende, *kuglige, rothe Blutkörperchen.* Da nach dem Tode mit der Zeit alle Blutkörperchen Kugelgestalt annehmen, so ist es fraglich, ob diese kernlosen Körperchen nicht auch als Leichenerscheinung aufzufassen sind.

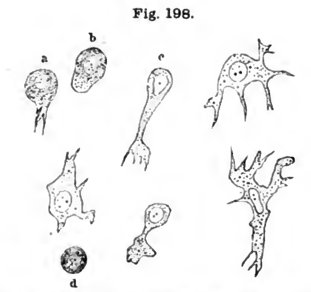
Das Plasma enthält ferner, und namentlich im Milzvenenblut, einzelne *Eiweisskörnchen,* Elementarbläschen, von 0,001 Durchmesser und kleine Gruppen von solchen. Unlöslich in Aether, werden sie durch Alkalien gelöst, quellen in Wasser und verdünnten Säuren. Ferner kommen ebenso grosse und kleinere *Fettkörnchen,* Chyluskörnchen, während der Verdauung in zahlreicher Menge, vor, die aus dem Chylus (S. 359) stammen. Endlich enthält das Plasma constant einzelne *Pilze:* Kugelbacterien und Keime von Sarcine, die sich mit Hämatoxylin färben lassen, gegen Säuren und Alkalien resistent sind.

Aus den Sarcinezellen lassen sich durch Cultur-Versuche Baumwollballen-ähnliche Haufen kleiner Sarcinezellen züchten. Sie sind von Ferrier (1872) richtig gedeutet, von Lostorfer (1872) als Syphiliskörperchen beschrieben worden.

Bei der Gerinnung des Blutes scheidet sich der Faserstoff in feinen, eher geradlinigen, verfilzten und sich kreuzenden, leicht körnigen, varicösen oder in kurzen Wellen verlaufenden Fäden, *Fibrinfasern,* ab. Zwischen dieselben werden theils rothe Blutkörperchen; im oberen Theile eines Fibrinkuchens, weil letztere sich vermöge ihres grösseren specifischen Gewichts zu senken pflegen, aber weisse Blutkörperchen eingeschlossen.

Die **weissen Blutkörperchen,** grauen oder farblosen Blutkörperchen, Lymphkörperchen des Blutes, Chyluskörperchen, Leucocyten, sind contractile Protoblasten (Fig. 198), mit allen Eigenschaften der Leukoblasten (S. 8). Namentlich vermögen sie in ihr Protoplasma Zinnoberkörnchen, Anilinblau, Fetttröpfchen resp. Milchkügelchen und unter Umständen (Milz) rothe Blutkörperchen aufzunehmen. Nach ihrem Absterben, welches sogleich bei Erwärmung über 50° eintritt, werden sie kuglig. Bei denen des Frosches tritt dieses Stadium der Wärmestarre schon bei 40° auf; mit 50° werden sie dagegen zum Theil spindelförmig. Inductionsschläge zerstören die Körperchen bald. — Sie besitzen einen kugligen hellen Kern, der sich mit Säuren

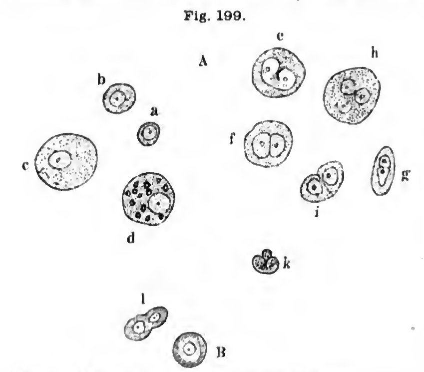
Fig. 198.



Formen eines weissen Blutkörperchens während seiner amöboiden Bewegungen. V. 1000/800. *a* Beginn der Bewegung, Ausstreckung eines Buckels. *b* Aussendung hyaliner Fortsätze. *c* Der Kern hat eine birnförmige Gestalt angenommen. *d* Das Körperchen todt.

trübt; in ihrem feinkörnigen Protoplasma liegen meistens einzelne gegen Reagentien resistente Körnchen. Ihr Durchmesser beträgt 0,004—0,010; der einfache, seltener doppelte Kern hat 0,0018—0,0027; das Doppeltsein ist als Vorbereitung zur Zellenvermehrung durch Theilung (Fig. 199 *e*—*h*) aufzufassen. Durch concentrirtere Säuren oder längere Einwirkung verdünnter kann ein ursprünglich einfacher Kern sich einschnüren (Fig. 199 *k*), oder in 2—5 kleinere glänzende Körperchen zerlegt werden; es soll dies für ein Zeichen höheren Lebensalters des Körperchens und beginnenden spontanen Zerfall seines Kernes anzusehen sein und hat nichts mit der erwähnten Kerntheilung oder mit Knospung (S. 19) zu thun. Die kleinsten weissen Blutkörperchen sind kuglig, haben einen einfachen, relativ grossen Kern (Fig. 199 *a*) und eine sehr dünne Protoplasmaschicht um denselben; sie zeigen keine Formveränderungen. Diejenigen mittlerer Grösse (Fig. 199 *b*) oder vom Durchmesser der rothen Blutkörperchen haben mehr Protoplasma, und ändern ihre Gestalt. Lebhaftes Fortkriechen bei Erwärmung auf 35—40° zeigen nur die grösseren (Fig. 199 *c*) Lymphkörperchen, deren Protoplasma für gewöhnlich fein granulirt ist; wenn dasselbe viele Fettkörnchen aus dem umgebenden Plasma aufgenommen hat, werden sie als grob-granulirte weisse Blutkörperchen oder *Körnchenzellen* (Fig. 199 *d*) unterschieden; sie können dabei einen Durchmesser von 0,012 erreichen. Letztere Zellen besitzt auch der Frosch, bei dem sie häufiger sind.

Fig. 199.



A Aus dem Saft einer Gl. lymph. inguinalis des Kaninchens. Frisch mit Serum. V. 900. *a* Kleines Lymphkörperchen mit wenig Protoplasma; *b* von mittlerer Grösse mit Kern und Kernkörperchen. *c* Grosses Lymphkörperchen. *d* Körnchenzelle mit Fettkörnchen und Kern *e* Lymphkörperchen mit eingekerbtem Kern. *f* und *g* mit zwei aus Theilung hervorgegangenen Kernen. *h* mit drei Kernen. *i* Die Zelle selbst in Theilung begriffen. *k* Kern eines Lymphkörperchens in dreifach gekerbtem Zustande nach Einwirkung von 33%iger Essigsäure isolirt. *l* Rothes Blutkörperchen mit zwei Kernen. *B* Aus dem Knochenmark der Tibia eines jungen Kaninchens, mit Serum. V. 900. Markzelle mit Kern und gelbem aus Hämoglobin bestehendem Rande.

Entstehung der rothen Blutkörperchen. Beim Embryo, auch dem der Säuger, sind dieselben kuglig, blutgrün und kernhaltig. Mit fortschreitender Entwicklung nehmen diese

Formen ab, sind beim Neugeborenen sparsam und beim Erwachsenen kaum aufzufinden: einmal von Busk (1852) und in wechselnder Menge mit rothem körnigen Inhalt von A. Schmidt (Archiv f. Physiol. 1874. S. 356) beobachtet, während ältere Angaben Zweifeln unterliegen. Jene kernhaltigen Zellen vermehren sich durch Theilung (Remak, 1841, 1858). Die Theilungsformen (Fig. 199 *l*) dürfen nicht mit dem von Böttcher (1866) beobachteten Zusammenkleben von je zwei kernhaltigen Zellen verwechselt werden. — Die Lebensdauer des rothen Blutkörperchens beim Erwachsenen ist unbekannt, doch ist wegen des Wiederersatzes nach Blutentziehungen anzunehmen, dass sie keinenfalls so gross ist, als die des ganzen Körpers. Es gibt nun ein Gewebe: das rothe Knochenmark (S. 70), in welchem fortwährend Uebergangsformen (Fig. 199 *B*) zwischen weissen und rothen Blutkörperchen in grosser Zahl anzutreffen sind, und dem seit E. Neumann (1868) Blut-bildende Function zugeschrieben wird. Man muss also annehmen, dass weisse Blutkörperchen aus den dünnwandigen Capillaren des Knochenmarkes auswandern, als Markzellen in letzterem eine Zeit lang stagniren, Hämoglobin aufnehmen, und sich vielleicht theilen (Bizzozero, 1869), dann weiter in die Knochenvenen oder Lymphgefässe der Knochen gelangen und auf diese Art in den Kreislauf. Theilungen begegnet man zuweilen auch in Lymphdrüsen (S. 360). Aehnliche Uebergangsformen sollen ebenfalls im Lungenvenenblut (Kölliker, 1852) vorkommen. — Bei den Wirbelthieren mit kernhaltigen Blutkörperchen, insbesondere Amphibien, sind die Uebergangsformen, unter denen namentlich kuglige, kernhaltige Zellen mit an ihrer Peripherie ringförmig gefärbtem, gelblichem, homogenem Protoplasma am wichtigsten erscheinen, häufiger, was vielleicht mit dem selten ganz beendigten Wachsthum der untersuchten Thiere zusammenhängt. — In Froschblut, welches tagelang in feuchter Luft aufbewahrt wird, treiben einige der farblosen und mit körnigem Inhalt versehenen Blutkörperchen lange Fortsätze, nehmen spindelförmige (zum Theil birnförmige) Gestalt an. Auch kommen ähnlich geformte Zellen mit mehr homogenem Protoplasma und körnigem Kern, sowie solche mit blutgrünem Inhalt vor. v. Recklinghausen (1866) deutete die beiden letzteren Formen als Entwicklungsstadien neugebildeter rother Blutkörperchen, die in sich Hämoglobin erzeugen. In Wahrheit sind die farblosen spindelförmigen Zellen kleine weisse Blutkörperchen mit mehr homogenem Protoplasma; die blutgrünen sind rothe, welche schon in den ersten Tagen lange Fortsätze aussenden, ohne ihre platte Form zu ändern. Bei künstlich verlangsamter Fäulniss entstehen aus unbekannten Gründen alle diese Spindelgestalten nur an einzelnen weissen oder farbigen Zellen. — Ueber die fortwährend stattfindende Neubildung von Lymphkörperchen mag gleich hier bemerkt werden, dass grössere Zellen mit Theilungs-Erscheinungen sich in den Lymphgefässstämmen des Mesenterium (bei Hunden, Katzen, Kaninchen, Kölliker, 1852) zahlreich vorfinden, und dass wenigstens nicht zu bezweifeln ist, die Neubildung der Lymphkörperchen durch Theilung gehe im Lymphkreislauf vor sich (S. 360).

Seit Home (1818) sind den Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen fortwährend von einzelnen Beobachtern Kerne zugeschrieben worden. Ob sparsame junge, kernhaltige, farbige Körperchen im Blute angetroffen werden können, ist zweifelhaft, doch nach dem eben in Betreff der Entwicklung der rothen Körperchen Angeführten nicht unmöglich. Vielfach ist seit Prévost und Dumas (1821) die centrale Depression oder nach Behandlung mit Reagentien das geschrumpfte farblose Stroma als Kern gedeutet worden. C. Krause (1837) isolirte Körnchen von 0,0018 Durchmesser durch zweitägige Behandlung menschlichen Blutes mit destillirtem Wasser. Eine kuglig hervorspringende centrale Erhebung im Centrum der centralen Depression beschrieb R. Wagner (1838), F. Arnold (1844) deutete die Erscheinung als Kernkörperchen, C. Krause (1841) als Kern und fand ihren Durchmesser zu 0,0018, Freer (1869) und Kollmann (1873) zu 0,0026 am getrockneten Präparat bei auffallendem Licht: es würde hiernach vollständige Homologie im Bau der Blutkörperchen aller Wirbelthiere hergestellt sein. Am getrockneten menschlichen Blut sind allerdings mit den stärksten Immersionssystemen und schiefer Beleuchtung zuweilen Unebenheiten von der angegebenen Grösse im Centrum der centralen Depression wahrzunehmen; sie sind aber viel zu unregelmässig, um für mehr als zufällige Kunstproducte des Trocknens gehalten werden zu können. Ueber multinucleoläre Kerne weisser Blutkörperchen s. S. 12.

Die Anzahl der Lymphkörperchen im Verhältniss zu den rothen Blutkörperchen ist in verschiedenen Gefässbezirken verschieden. Sie ist grösser in der V. lienalis = 1 : 102 (Frey, 1859, beim Menschen); = 1 : 70 im Mittel aus drei Beobachtungen an fastenden Kälbern (Hirt, 1855), während die A. lienalis 1 : 2179 führte. Die Anzahl schwankt mit dem Lebensalter, Geschlecht, Verdauungszustande: sie steigt bald nach der Mahlzeit, ist bei Kindern und Männern grösser, als bei Mädchen und Greisen.

Hirt fand in der V. hepatica 1 : 170, in der V. portarum 1 : 746; im nüchternen Zustande Morgens 1 : 1716, unmittelbar nach dem Mittagsessen 1 : 1592, eine Stunde nachher 1 : 420. Erstere Zahlen sind mit Fehlerquellen wegen der Blutgerinnung behaftet; andernfalls wäre daraus zu schliessen, dass in der Leber entweder eine Zerstörung von rothen oder eine Neubildung von weissen Blutkörperchen stattfinden müsse, was Beides behauptet worden ist. Hirt fand auch, dass 1 Tropfen z. B. von Tinctura ferri pomat., ½ Stunde nachdem derselbe in nüchternem Zustande genossen war, etwa 700 Millionen weisser Blutkörperchen erzeugen müsse (gefunden 1 : 688 rothe), was selbstverständlich unmöglich ist. Wahrscheinlich wird durch schwerverdauliche Substanzen die Blutzufuhr zu Magen, Milz etc. gesteigert und aus der letzteren werden dann darin aufgehäufte Lymphkörperchen in die V. lienalis hineingewaschen. — Die Verhältnisszahlen der weissen (die richtiger graue Blutkörperchen genannt würden, L. Lotze, 1875) zu den rothen Blutkörperchen wurden zuerst von Moleschott (1854) bestimmt.

Lymphgefässsystem.

Lymphgefässe.

Die *Lymphgefässe*, *Vasa lymphatica*, *Saugadern*, entstehen überall im Bindegewebe, sowohl in der Substanz, als an der Oberfläche der Organe; und laufen im Allgemeinen in ziemlich gerader Richtung gegen das Herz hin, welches sie aber nicht erreichen, sondern in das System der Körpervenen sich einsenken. Im Allgemeinen begleiten die Stämme die grösseren Blutgefässe, jedoch nicht vollkommen genau; und laufen an den meisten Stellen des Körpers, vorzüglich an den Gliedmassen, einestheils in der Tiefe zwischen den Organen neben den ansehnlicheren Arterien- und Venenstämmen, anderntheils aber im Unterhautbindegewebe neben den Venae subcutaneae; sie lassen sich daher oft als Vasa lymphat. *profunda* und *superficialia* oder subcutanea unterscheiden. Auch an den drüsigen Eingeweiden haben oberflächliche und tiefe Lymphgefässe oft einen verschiedenen Ursprung und Verlauf; erstere verlaufen in der Hülle und stammen aus der Peripherie, letztere aus der Tiefe des Organs. — Im fortgesetzten Laufe treten sie jedesmal durch Lymphdrüsen, und sammeln sich zuletzt in einem in der linken Hälfte des Stammes aufsteigenden Hauptstamm, Truncus lymphaticus communis sinister s. Ductus thoracicus, Brustgang — und in den Hauptstamm der rechten oberen Körperhälfte, Truncus lymphaticus communis dexter, welcher oft doppelt oder dreifach vorhanden ist, wenn die ihn zusammensetzenden Stämme sich nicht vereinigen. Beide sind im Verhältniss zu den grossen Blutgefässstämmen sehr eng; sie münden in der Nähe des Herzens in grosse Venen, die Venae anonymae.

Die bis 0,5 messenden Stämme bilden Netze, aus denen gestreckt verlaufende, häufig spitzwinklig zusammenfliessende und sich wiederum theilende 0,6—1,8 dicke Stämme hervorgehen, die dann in letzter Instanz in die Hauptstämme einmünden. Das Lymphgefässsystem erscheint also als Anhang des Venensystems, ist wie dieses durch den ganzen Körper verbreitet. Theile, die keine Blutgefässe haben, führen auch keine Lymphgefässe (S. 317), wohl aber können sie Saftkanäle (Cornea, S. 341) besitzen. An einzelnen Stellen ist eine Untersuchung der peripherischen Lymphgefässe noch nicht ausgeführt (Vas deferens etc.), oder es sind solche überhaupt nicht bekannt (Zahnpulpa). Die einzelnen grösseren Lymphgefässe übertreffen an Anzahl bei Weitem die grösseren Venen, stehen ihnen aber an Dicke so sehr nach, dass das ganze Lymphgefässsystem wahrscheinlich weit weniger geräumig ist, als das Venensystem. Die Weite der kleinen Lymphgefässe in den Netzen überwiegt die der Stämme noch viel mehr als bei den Blutgefässen.

Die Wandungen bestehen aus allen drei Häuten (S. 306), sind jedoch von solcher Zartheit, dass selbst die grösseren Lymphgefässe durchsichtig sind und die Wände des Hauptstammes kaum 0,25 Dicke haben. Trotz dieser Zartheit zerreissen die Lymphgefässe nicht leicht, sind verhältnissmässig stärker als die Venen, daher sie überhaupt und in einzelnen Strecken eine bedeutende Ausdehnung ertragen können und der Durchmesser dieser Gefässe nach dem Grade ihrer Anfüllung sehr veränderlich und an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes ungleich erscheint. Die innerste Gefässhaut bildet noch zahlreichere, stets

paarweise stehende Klappen als in den Venen; oberhalb eines jeden Klappenpaares erweitert sich die Saugader etwas, so dass sie im angefüllten Zustande ein knotiges Ansehen erhält.

Die in dem System enthaltene Lymphe stammt aus dem Blut, ist ursprünglich Blutplasma, welches die Gewebe durchtränkt hat und zum Theil durch die Lymphgefässe Abfluss findet. Die Wege, welche dabei durchlaufen werden (wobei das Plasma nach und nach die concentrirtere Beschaffenheit der eigentlichen Lymphe annimmt), sind grösstentheils microscopisch und es brauchen die Räume, in denen Lymphe fliesst, nicht gerade die Form cylindrischer Röhren zu haben, wie es im Blutgefässsystem der Fall ist. Vielmehr lassen sich als besondere Formen namhaft machen: Lymphcapillaren mit den Saftkanälchen, Lymphsinus, Lymphgefässstämmchen im Gegensatz zu den mit freiem Auge sichtbaren Stämmen und Hauptstämmen, endlich Lymphspalten. Die sämmtlichen Räume, in denen Lymphe fliesst, incl. der Saftkanälchen, Bindegewebsspalten etc., werden als *Lymphräume* bezeichnet; diejenigen microscopischen Wege aber, welche die gleich zu beschreibenden Merkmale haben, unter der gemeinschaftlichen Benennung von *Lymphbahnen* unterschieden; als *Lymphgefässe* werden macroscopische Gefässe und die Lymphbahnen zusammengefasst. Für letztere ist Folgendes charakteristisch. Stets sind sie Intercellulargänge — wie auch die Blutgefässe (S. 306) und microscopischen Lymphgefässe — die von platten polygonalen Endothelien ausgekleidet werden. Wo letzteres nicht der Fall ist, sind die mit Lymphe gefüllten und mit dem Lymphgefässsystem communicirenden microscopischen Räume als Saftkanälchen zu bezeichnen.

Sämmtliche Lymphbahnen haben keine andere Begrenzung als jenes dünnwandige Endothelrohr und durchaus keine besondere Membran. Ihre Wandung ist daher nicht besonders ausdehnsam und wenn sie, wie es gewöhnlich in der Leiche der Fall ist, ganz oder theilweise leer sind, so collabiren sie unvermeidlicher Weise und werden dabei p l a t t — im leeren Zustande berühren sich ihre Wände. Aus diesem Grunde ist die Bezeichnung als Lymphröhren weniger entsprechend und sind die kleineren Lymphgefässe mit Sicherheit überhaupt nur durch künstliche Hülfsmittel sichtbar zu machen, deren wichtigstes die Injection ist. Seltener wird sie von den Stämmen — weil Klappen in denselben wie in den Venen, den Rücktritt verhindern; meist durch Einstich in die Lymphcapillarbezirke oder die Gewebe selbst vorgenommen. Obgleich Lymphcapillaren und Stämmchen schon an ihrem charakteristischen Habitus zu erkennen sind, so besteht doch die Aufgabe, anders geformte Lymphbahnen von Extravasaten im Bindegewebe etc. zu unterscheiden, die — methodisch und unter constantem Druck erzeugt — wegen ihrer alsdann regelmässigeren Form leicht mit Lymphbahnen verwechselt werden können. Hierfür empfiehlt sich die Darstellung der Endothelien durch salpetersaures Silberoxyd, welches in wässriger Lösung entweder für sich oder mit Leim injicirt wird. Oder man erzielt die Sichtbarmachung der Zellengrenzen durch Einlegen des zu untersuchenden Organs in Silberlösung, wobei sich im letzteren Falle die Wirkung freilich nur auf die oberflächlichen Schichten erstreckt.

Nach ihren besonderen Eigenthümlichkeiten lassen sich die Lymphgefässe in Lymphcapillaren, Lymphsinus, Lymphspalten (Lymphgänge), Lymphgefässstämmchen und -Stämme eintheilen.

Lymphcapillaren.

Man nennt sie auch Lymphröhren; sie entsprechen den Blutcapillaren, bilden Netze wie diese, die stets von der Oberfläche der Schleimhäute, serösen Häute u. s. w. entfernter bleiben als die Blutcapillaren. Die Knotenpunkte

der Lymphcapillarmaschen liegen im Centrum der von Blutcapillaren umschlossenen Gewebsinseln oder doch demselben näher als deren Peripherie. Im Allgemeinen sind die Lymphcapillarnetze weitmaschiger; während aber die Blut-führenden Netze sehr mannigfaltige Formen (S. 321) annehmen, stimmen die Lymphcapillarnetze der verschiedensten Organe, wenn sie nur flächenhaft ausgebreitet sind, in auffallender Weise überein und dies ist selbst dann der Fall, wenn es sich um Gefässe und Netze von sehr verschiedenem Kaliber handelt (Fig. 200 u. 201). Auch die Lymphgefässe, welche den Uebergang zu den Lymphgefässstämmchen (Fig. 200) bilden, haben den Bau der Capillaren: eine einfache endotheliale Zellenlage als Wand. Sie zeigen knotige Anschwellungen, um so auffälliger je vollständiger die Injection, und welligen Verlauf. Die Anschwellungen sind vom Vorhandensein insufficienter Klappen abhängig, die als von Endothel überzogene bindegewebige Kreisfalten der Wandung aufzufassen sind und deren Widerstand von der fortschreitenden Injectionsmasse verhältnissmässig leicht überwunden wird.

Fig. 200.

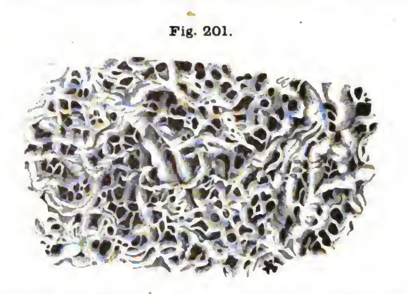


Lymphgefässstämmchen und feines Lymphcapillarnetz der Pia mater der Grosshirnhemisphären mit Leim und Chlorsilber injicirt. V. 12.

Bei den Lymphcapillaren ist ein ähnliches knotiges oder varicöses Ansehen theils von verschiedenartiger Spannung der umgebenden Gewebstheile bedingt, theils von Erweiterungen der Capillaren abhängig, in deren Lumen die gefaltete Endothellage der Wandung als schmaler niedriger Vorsprung hineinragt. Obgleich die Knotenbildung weniger auffällig hervortritt, lassen sich doch nicht ohne Weiteres Stämmchen und Capillaren hiernach unterscheiden: wohl aber dadurch, dass die Klappen der ersteren für schwächere Drücke sufficient sind, während die niedrigen Vorsprünge innerhalb der Capillaren kein Hinderniss für die Injectionsmassen abgeben. Ausbuchtungen treten am deutlichsten an den Knotenpunkten der Netze (Fig. 201) hervor, worin ein Unterschied gegenüber den Blutcapillaren liegt. Die Theilungsstellen der letzteren sind nicht verdickt: die der Lymphcapillaren dagegen nach aussen convex. Zugleich sind benachbarte Maschen verschieden weit und von unregelmässiger Form. Diese Merkmale gestatten einem geübten Auge ohne Weiteres die Unterscheidung beider Netze; andererseits kann man die Blutgefässe mit verschiedenfarbigen Massen füllen, oder als Injectionsmittel für die Lymphgefässe Leim mit Chromgelb

anwenden. Denn dieser Farbstoff wird von Chlorwasserstoffsäure zerstört und nachdem letztere eingewirkt hat (W. Krause, 1863), tritt die stärkere Wandung von Blutcapillaren als doppeltcontourirter Saum mit längsovalen Kernen hervor, die den Lymphcapillaren abgeht. — Charakteristisch ist der häufige Wechsel im Kaliber: feinere und viel stärkere Lymphgefässe münden zusammen, gehen in einander über, die Schenkel desselben Knotenpunktes sind verschieden dick, was Alles bei Blutcapillarnetzen nicht vorkommt.

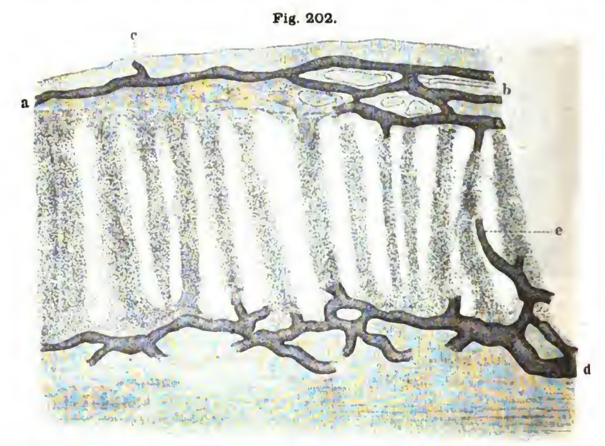
Fig. 201.



Lymphgefässe des Unterhautbindegewebes, Gesichtshaut, mit Leim und Chlorsilber injicirt. V. 18.

Die Lymphcapillaren der Häute gehen nun nach der Tiefe in stärkere Netze über. An vielen Orten sind zwei bestimmt unterschiedene Lagen zu erkennen: ein oberflächliches mit engeren Maschen

Fig. 202.

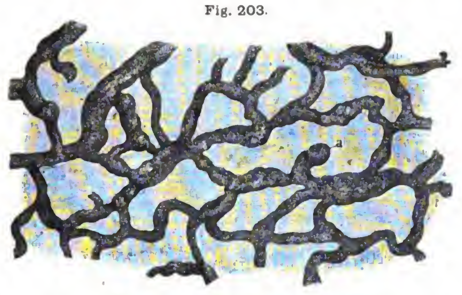


Lymphgefässe in der Schleimhaut vom Colon der Katze, mit Leim und Chromgelb injicirt, senkrechter Durchschnitt, Alkohol, Essigsäure, Glycerin. V. 100. *a* Oberflächliche Lymphcapillaren, von denen nur eine einzige auf einem genau senkrechten Schnitte sichtbar ist. Bei *b* ist der Schnitt ein wenig schräg gefallen, so dass die Schleimhaut etwas von oben gesehen wird und die Mündungen der Lieberkühn'schen Drüsen erscheinen. *c* Kurzer, blinder Ausläufer, nach der freien Schleimhautoberfläche hervorragend. *d* Lymphgefässe im submucösen Bindegewebe. *e* Ein durchschnittener Verbindungsast zwischen dem oberflächlichen und tiefen Netze.

und feineren Gefässen (Fig. 202 *b*) und ein tieferes weitmaschigeres, aus stärkeren Gefässen gebildetes (Fig. 202 *d*).

Aus den Capillarnetzen setzen sich einzelne kürzere (Fig. 202 *c*) oder längere Ausläufer, wie in den Darmzotten (Fig. 127, S. 216) fort, um abgerundet blind aufzuhören. In dem von der Fläche gesehenen Netze gleichen sie kurzen Kolben (Fig. 203 *a*). Solche blinde Ausläufer kommen wahrscheinlich in allen Schleimhäuten vor: bekannt sind sie aus der Conjunctiva, Magenschleimhaut, Dickdarmschleimhaut, den Darmzotten, der Uterusschleimhaut (Fig. 170, S. 289) u. s. w.; ferner von den Papillen der äusseren Haut (Fig. 206).

Fig. 203.



Lymphgefässe im submucösen Bindegewebe der oberen Colonparthie eines Kaninchens, dargestellt wie in Fig. 202. V. 100. *a* Blinder, kolbiger Ausläufer, gegen die freie Schleimhautoberfläche hervorragend.

Fig. 204.



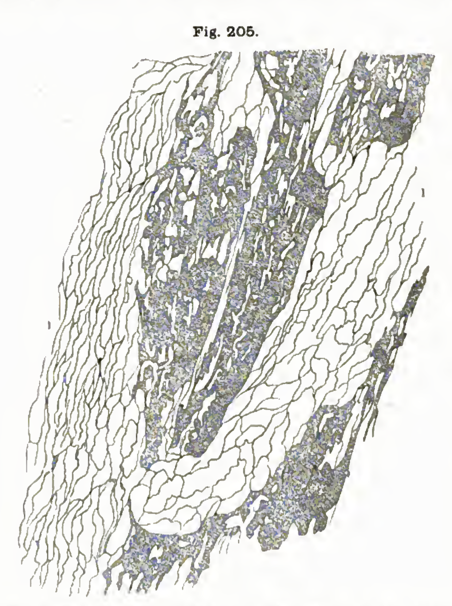
Leeres Chylusgefäss mit seinen Kernen, aus dem intermusculären Bindegewebe zwischen Längs- und Ringmuskelfaserschicht des Dünndarms. Nach Maceration in 20%iger Essigsäure. V. 400/150.

Ganz anders nehmen sich die Lymphnetze aus, wenn sie leer sind. Man findet an Präparaten mit verdünnter Essigsäure eine Anzahl von rundlichen platten Kernen, die den Wandungs-Endothelien angehören und das Gefäss wird von einer einfachen scharfen Contour begrenzt. Auffällig erscheint aber seine eckige, beinahe zackige Begrenzung: die verhältnissmässige Weite an den Knotenpunkten und das verschiedene Kaliber der abtretenden Schenkel tritt auch unter diesen Umständen hervor (Fig. 204).

Die *Endothelzellen* selbst sind polygonal, manchmal sehr unregelmässig, ihre Ränder gezackt, wie in einander gezahnt. Die grössere Dimension ist der Längsaxe des Gefässes meist parallel gestellt. Analoge Verhältnisse kehren in allen Lymphbahnen resp. Lymphgefässen wieder; von den Stämmen abgesehen kommen auch überall Stomata vor. Es sind die erwähnten (S. 40) kleinen Abschnürungen an der Ecke einer Zelle, die sich zwischen benachbarte hineinschiebt und die Frage ist in vieler Hinsicht von Wichtigkeit, ob es sich dabei um Schaltplättchen handelt, etwa um junge zum Ersatz dienende Endothelzellen oder um wirkliche Löcher. Diese Frage hängt mit der von den Saftkanälchen, wie sich zeigen lässt, zusammen.

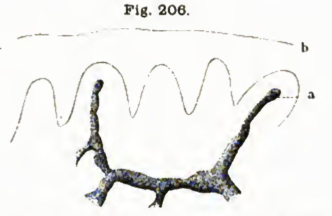
Tingirt man das dünne Centrum tendineum des Diaphragma vom Kaninchen mit Silber, nachdem das Peritoneal-Epithel entfernt worden ist, so erscheinen längliche helle anastomosirende Streifen (Fig. 205 *l*) in dunkelbrauner Grundsubstanz. Sie zeigen längsgestellte Endothelien und hier und da einen dunklen, länglichen Fleck oder eine kleine, helle, rundlich-eckige, von schwarzer Contour umsäumte Figur zwischen den Ecken benachbarter Zellen. Jene Streifen sind die Lymphgefässe, resp. Lymphcapillaren des Diaphragma. Unabhängig von den Blutgefässen lassen sie sich künstlich injiciren, und durch Leim mit salpetersaurem Silberoxyd zugleich ihre Endothelien sich darstellen. Die Capillaren laufen in schmalere, zugespitzt und zackig endigende, durch ihr Endothel charakterisirte Streifen aus (Fig. 205, am oberen Rande). Diese Endstreifen sind analog den kolbigen Endanschwellungen injicirter Lymphgefässe (Fig. 206, Fig. 202, Fig. 203) und erscheinen an Silberpräparaten ohne Injection. Wahrscheinlich entsprechen die zackigen Begrenzungen der gesilberten Lymphcapillaren mehr dem natürlichen Zustande als die bauchigen Erweiterungen der besten Injectionspräparate.

Fig. 205.



Centrum tendineum des Diaphragma vom Kaninchen mit Silber. V. 200. *l* Lymphgefässe, deren Endothel sich an den Zellengrenzen geschwärzt hat. Die Grundsubstanz ist dunkel; die hellen Räume darin sind Saftkanälchen.

Fig. 206.



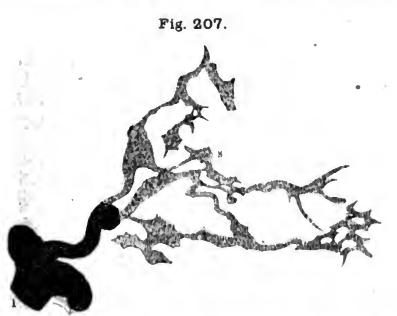
Senkrechter Durchschnitt der Haut über der weiblichen Mamma. Lymphgefässe mit Leim und Chromgelb injicirt, Alkohol, Essigsäure, Glycerin. V. 150. *a* Kolbenförmige blinde Anfänge der Lymphgefässe in der Axe der Cutispapillen. *b* Obere Grenze der Epidermis.

Hierfür spricht auch das Verhalten im Schwanz der Froschlarve, woselbst die Gelegenheit gegeben ist, Lymphgefässe im lebenden Zustande zu beobachten (Kölliker, 1846). Es sind spitzzulaufende, blind endigende, mit zahlreichen Zacken und Aus-

läufern besetzte Kanäle, in denen klare Lymphflüssigkeit mit einzelnen Lymphkörperchen fliesst. Die Conturen gleichen denen von Blutgefässcapillaren, insofern sternförmige kernhaltige Zellen mit breiter Basis der Wandung aufsitzen, zackige Ausläufer seitwärts aussendend. Sie sind als bindegewebige Lymphcapillar-Adventitialzellen zu betrachten. — In der Nickhaut und an anderen Körperstellen des Frosches werden die Blutcapillaren öfters von je zwei parallellaufenden und durch Queranastomosen verbundenen Lymphcapillaren begleitet (Langer, 1867).

Was nun die **Saftkanälchen**, Saftkanäle, Lymphlacunen, des Diaphragma vom Kaninchen anlangt, so treten in dunkler, vom Silber mehr oder weniger gebräunter Grundsubstanz helle Räume auf (Fig. 205). Es sind ganz platte Spalten von mehr unregelmässiger Form, länglich, sich theilend, mit Ausläufern versehen, anastomosirend u. s. w., welche in die Lymphcapillaren einmünden, und zwar theils in die blinden kolbigen Anfänge derselben (Fig. 207), theils seitlich in die Flanken der ersteren (Fig. 205). Spritzt man in die Bauchhöhle eines lebenden Säugethieres, z. B. des Kaninchens, microscopisch erkennbare Flüssigkeiten, welche Farbstoffpartikelchen aufgeschwemmt enthalten oder Emulsionen, Milch u. dergl., so entsteht eine mehr oder weniger rasch verlaufende, häufig nach Stunden zum Tode führende Peritonitis, welche zunächst Respirationsbeschwerden, Contractionen des Diaphragma, Schluckkrämpfe u. s. w. veranlasst. Hierbei beschleunigt der gesteigerte intraperitoneale Druck den Uebertritt der injicirten Massen in die Lymphgefässe des Diaphragma, welche auf diese Art injicirt erhalten werden und zugleich füllen sich der Oberfläche des Centrum tendineum parallele microscopische Spalten, die nach Grösse, Configuration u. s. w. in jeder Hinsicht den durch Silber-Imprägnation dargestellten Saftkanälchen (Fig. 205) gleichen. Da bei letzterer Methode der Einwand, dass es sich um Zerreissungen der Lymphgefässanfänge resp. Extravasate handele, ausgeschlossen ist, so folgt, aus beiden Befunden zusammengenommen, die normale offene Communication der Lymphgefässe mit den Saftkanälchen: ein äusserst wichtiges Factum. Es ist über die Wandung der letzteren noch zu bemerken, dass sie nicht etwa wandungslose, im Bindegewebe ausgegrabene Spalten, wie Bohrlöcher oder Sprünge in einem Brett sein würden, darstellen, sondern dass diese Spalten von den primären Bindegewebsbündeln des Diaphragma präformirt werden. Die Spalten zwischen den letzteren sind aber mit Inoblastenkörpern in verschiedener Zahl belegt und dieselbe Structur ergibt sich für alles fasrige Bindegewebe, wie an den Sehnen leicht zu zeigen ist, obgleich sich hier die Silberwirkung wie immer nur auf geringe Entfernungen in die Tiefe der secundären Bündel erstreckt. Die Lymphgefässe des Diaphragma aber verlaufen im lockeren Bindegewebe zwischen den letztgenannten Bündeln. — In der Cornea (S. 145) treten an Stelle der Inoblasten die Hornhautkörperchen, deren anastomosirende Ausläufer an der

Fig. 207.



Centrum tendineum des Diaphragma vom Kaninchen. Natürliche Injection der Lymphgefässe und Saftkanälchen durch in die Bauchhöhle des lebenden Thieres gespritztes lösliches Berlinerblau. Alkohol, Glycerin. V. 300. *l* Abgeschnittenes Ende eines Lymphgefässes mit kolbig aufhörender Lymphcapillare, aus welcher die Masse in die injicirten Saftkanäle *s* übergetreten ist.

Innenwand der Saftkanäle, jedoch nur an deren einer Fläche, sich hinziehen. — Es muss bemerkt werden, dass Saftkanälchen von Leukoblasten (Leukocyten, Wanderzellen, bewegliche Bindegewebszellen) durchwandert werden. Diese sind weiter nichts als Lymphkörperchen, die im Blute den Namen weisse Blutkörperchen führen, als solche aus den Stomata der Blutcapillaren (Fig. 188, S. 319) ausgetreten sind und durch die Saftkanälchen in die Anfänge der Lymphgefässe überwandern: theils vermöge ihrer amöboiden Bewegungen, theils dem Lymph- resp. Säftestrom folgend, dessen Fortbewegung vor Allem von dem auf der Innenwand der Blutcapillaren lastenden Druck und in letzter Instanz vom Herzmuskel abhängig ist.

Lymphsinus.

Fig. 208.



Lymphgefässe der Ureterschleimhaut mit Leim und Chromgelb injicirt; bei auffallendem Licht. V. 70. Die Lymphcapillaren bilden Netze und gehen nach der Tiefe in stärkere Lymphgefässstämmchen resp. Lymphsinus über.

Sie haben den Bau der Lymphcapillaren, und stellen eigentlich nur locale Erweiterungen derselben dar. Stark ausgebuchtete, mit convexen Oberflächen versehene und dichte Netze von weitem Kaliber bildende Röhren sind es, die im wenig gefüllten Zustande während des Lebens oder mit salpetersaurem Silberoxyd in wässriger Lösung injicirt wie alle Lymphbahnen sich als Spalten darstellen. In der Umgebung des von der Schleimhautoberfläche entfernteren Theiles der Lymphfollikel an den Peyer'schen Haufen des Dünndarms und in der Submucosa der meisten Schleimhäute werden sie angetroffen, wo sie zum Theil das tiefere Lymphgefässnetz der letzteren constituiren (Fig. 208). Am meisten entwickelt findet man sie bei gemästeten Thieren (Schwein, Hammel) in der Submucosa des Darmkanals.

Lymphspalten.

Obgleich alle Lymphbahnen im Leben spaltenförmig sind, so gibt es doch eine Anzahl, die auch unter stärkerem Injectionsdruck diese Form beibehalten. Hiervon liegt der Grund — abgesehen von der Anordnung der Formbestandtheile der Organe, zu welchen diese Lymphspalten gehören — in dem Umstande, dass die Lymphspalten von Bindegewebe, theils von kleinen Faserbündeln, die auch Blutgefässe zu führen pflegen, theils und gewöhnlich

von platten Inoblasten mit Kernen und deren Ausläufern in schräger Richtung durchsetzt werden. Die Auskleidung mit Endothelien schützt gegen Verwechslung mit Extravasationen, die natürlich ebenfalls die Form der Gewebsbestandtheile, die letzteren umhüllend, wiederzugeben pflegen.

Die Lymphspalten sind theils Kugelschalen-förmig, jedoch niemals ganz vollständige Kugelschalen darstellend: so finden sie sich um die Lymphfollikel der Lymphdrüsenrinde, aber auch in der Peripherie acinöser Drüsen, wie die Brunner'schen des Duodenum (S. 216). Hohlcylinder bilden sie innerhalb der Gefäss-Adventitia der Blutgefässe des Gehirns und Rückenmarks, und werden hier als perivasculäre Räume bezeichnet, die zwischen dem Gefässe und der Adventitia gelegen sind. Etwas anderen Bau haben die Lymphscheiden der Milzarterienäste (S. 231); auch dies sind Lymphspalten, aber sie werden von zahlreichen Bindegewebsfasern und Inoblasten durchzogen und sind ausserdem mit zahlreicheren, länger stagnirenden Lymphkörperchen infiltrirt, nicht einfach von Lymphe durchflossen. Unregelmässige communicirende Spalträume finden sich zwischen den Samenkanälchen (Fig. 158, S. 263), längliche communicirende Lymphspalten in den Nervenstämmen, vielleicht auch in den quergestreiften Muskelbündeln (S. 93).

Die Lymphspalten werden öfters als Lymphsinus, Lymphbahnen, bezeichnet und auch nicht von Endothel ausgekleidete Räume hierher gerechnet, die theils Saftkanäle sind wie in der Cornea (Fig. 83, S. 115), theils erst durch Extravasate erzeugte, meist spitzzulaufende Figuren darstellen, z. B. zwischen Bindegewebe, Muskelfasern und Drüsen der Lippe. — Bei Amphibien (Frosch) treten vielfach helle, mit Lymphe gefüllte Räume als Scheiden um die Blutgefässe auf, dies sind jedoch keine hohlcylindrischen Spalten, sondern kleinere Arterien werden von je zwei, auch drei, durch Queräste vielfach verbundenen Lymphgefässstämmchen begleitet (Langer, 1867; s. a. S. 341). — Bei Amphibien ist das Vorkommen macroscopischer Lymphspalten hinter dem Peritoneum, unter der Haut des Rückens etc. schon längst bekannt: sie führen den Namen *Lymphsäcke* und die Triebkraft für den Lymphstrom wird zum Theil von pulsirenden, mit quergestreiften Muskelfasern ausgestatteten *Lymphherzen* geliefert, die auch bei Vögeln und Fischen vorkommen. Hierin besteht eine Art von Analogie mit den Caudalherzen (S. 324) niederer Wirbelthiere.

Die Binnenräume der von **serösen Häuten,** *Tunicae serosae,* ausgekleideten Körperhöhlen enthalten *seröse Flüssigkeit.* Dieselbe unterscheidet sich von Lymphe und Blutplasma durch ihr weit geringeres spec. Gewicht und dem entsprechend (sogar um das Zehnfache) geringeren Gehalt an festen Bestandtheilen, namentlich Eiweisskörpern. Auch enthält sie nur vereinzelte Lymphkörperchen und Fetttröpfchen, seltener Körnchenzellen (S. 333), die wahrscheinlich dadurch entstehen, dass amöboide Lymphkörperchen benachbarte Fetttröpfchen in sich aufnehmen.

Die Innenfläche der serösen Häute ist mit einem Endothelüberzuge ausgekleidet, welcher wenigstens in der Bauchhöhle (S. 296) von Stomata unterbrochen wird. Durch diese passiren ohne Zweifel Farbstoffpartikelchen etc. in die Lymphbahnen des Diaphragma: es kann dieser Beweis auf dem oben (S. 341) angetretenen Wege geführt werden. Irrelevant ist dafür der Umstand, dass in dem unter dem Microscop ausgespannten Centrum tendineum des Kaninchens sich Strudel bilden, welche geformte Bestandtheile von der Bauchhöhlenfläche her durchtreten lassen. Denn die Dehnsamkeit des Centrum tendineum beim Kaninchen ist gross, seine Elasticitätsgrenze aber wird sehr leicht überschritten und die Folge davon sind microscopische Spalten und Risse, die nichts mit Lymphbahnen gemeinsam haben.

Die serösen Höhlen sind mithin zwar insofern den Lymphspalten gleich, dass sie eine, wenn auch stark verdünnte Lymphe enthalten, dass sie mit Lymphgefässen in offener Communication stehen, wenngleich diese nicht überall nachgewiesen ist und dass sie von Lymphkörperchen durchwandert werden. Sie unterscheiden sich aber dadurch von gewöhnlichen Lymphspalten, dass sie (Pleuro-Peritonealhöhle) während einer embryonalen Entwicklungsperiode von Epithel ausgekleidet werden, welches sich theilweise als Ovarial-Epithel etc. (S. 253) erhält, und dass sie nicht wie andere Lymphspalten von

Blutgefässen und Bindegewebsbündeln durchsetzt werden. Indessen werden sie vielfach als Lymphspalten oder Lymphsäcke bezeichnet.

Sieht man von der letzterwähnten Differenz ab, so zeigt sich, dass die serösen Häute, deren macroscopische Verhältnisse im IIten Bande beschrieben werden, einestheils unter sich und anderntheils mit anderen Lymphspalten (Subarachnoidealraum, Lymphspalten der Nervenstämme, im Augapfel und Gehörorgan, Synovialmembranen der Gelenke, Synovialscheiden der Sehnen etc.) Vieles in ihrem Bau gemeinsam haben.

Ausser dem sie überkleidenden Endothel (S. 343) kommt den eigentlich serösen Häuten eine elastische Grenzschicht, *elastische Basalschicht*, Basalmembran, Grundhaut, zu, die nicht structurlos ist, der Oberfläche parallel gestellte Inoblastenkerne besitzt und äusserst feine elastische Fasern (seröse Fasern, S. 49) enthält, während die stärkeren elastischen Fasernetze dem *subserösen Bindegewebe* angehören. Aus Endothelien oder wenigstens Endothel-ähnlichen Inoblasten, feinen elastischen Fasern und Bindegewebsbündeln setzen sich aber auch die Begrenzungen der genannten übrigen Lymphspalten, sowie die sie durchziehenden Bindegewebsstränge zusammen. — Ueber die speciellen Verhältnisse des Peritoneum, der Pleura- und Pericardial-Höhlen, der Arachnoidea s. dieselben. — Die Tunicae vaginalis propria und serosa des Hodens bieten keine Besonderheiten.

Loewe (1874) verlegte die angeblich von Protoplasma umhüllten Kerne der Endothelzellen zwischen die elastischen Fasern der Basalschicht, welche Meinung sich wohl aus dem Umstande erklärt, dass die wirklichen Kerne der Endothelzellen sich nach Silberbehandlung schwer färben lassen (am bequemsten durch Hämatoxylin) und deshalb übersehen werden können, während die der elastischen Basalschicht angehörenden in Wahrheit die erwähnten Inoblastenkerne sind.

Beim Frosch sind an dem serösen Ueberzuge des Dünndarms, an der hinteren Wand des Bauchfellsackes etc. mehr länglich-polygonale Endothelzellen um grössere Stomata radiär gestellt. Tourneux (1874) deutete letztere als Stellen, wo Endothelialzellen sich durch Theilung vermehren, da die zur Untersuchung kommenden Batrachier überhaupt niemals ihr Wachsthum vollenden — resp. das Peritoneum nicht aufhört, sich fortwährend auszudehnen. Klein dagegen fand (1873), dass von besonderen kleineren und mehr granulirten, cylindrischen oder polyedrischen Zellen (S. 297) umgebene derartige Stomata allgemein in den serösen Häuten (Omentum, Mesenterium, Pleura des Mediastinum von Säugethieren, namentlich im Mesenterium des Meerschweinchens, Peritoneum des Centrum tendineum beim Kaninchen) vorkommen, und ausserdem Stomata wie die (in Fig. 173 e) abgebildeten, die in sog. Lymphsinus, d. h. nach Klein auf einer Seite von Endothel ausgekleidete Lymphspalten — wie Schweigger-Seidel sich die Saftkanäle der Cornea dachte — jener Häute führen. Die (S. 253) erwähnten segmentalen Kanäle der Wolff'schen Körper werden von anderer Seite für Lymphbahnen gehalten, welche mit solchen Stomata ausmünden. — Ueber Lymphfollikel der serösen Häute s. S. 349.

Historisches. Die heutigen Anschauungen über das Lymphgefässsystem basiren wesentlich auf den Arbeiten v. Recklinghausen's (1862—1863). Namentlich die Saftkanälchen, die Stomata der Endothel-Bekleidungen, die amöboiden Bewegungen der Lymphkörperchen, welche letzteren durch jene Oeffnungen passiren können, endlich (nachdem His, 1865, Epithelien und Endothelien unterschieden hatte) die Auffassung der serösen Hohlräume als Lymphsäcke sind speciell hervorzuheben. — Lymphgefässe mit erstarrenden Massen durch Einstich zu füllen lehrten Hyrtl (1860) und Teichmann (1861).

Die *subarachnoidealen Räume* stellen im Gegensatz zu den serösen Häuten gewöhnliche, aber sehr grosse Lymphspalten dar; sie communiciren mit Fortsetzungen von solchen in den höheren Sinnesorganen (S. 137 u. 173).

Lymphgefässstämmchen.

Diejenigen Lymphgefässe, welche zwischen den Lymphcapillaren, Lymphsinus, Lymphspalten einerseits und den bereits mit blossem Auge sichtbaren Stämmen die Verbindung herstellen, werden als *Lymphgefässstämmchen* bezeichnet. Sie bilden Netze (Fig. 200), *Lymphgefässplexus*, von ganz ähnlicher Netzform, wie sie die feineren zeigen, besitzen ausser ihrem Endothel eine dünne bindegewebige Adventitia und führen Klappen. Ihr Durchmesser beträgt mindestens 0,1 Mm.

Lymphgefässstämme.

Allmälig gehen solche aus den feineren Stämmchen hervor, indem sich elastische Fasern in der Intima entwickeln, einzelne schräg verlaufende glatte Muskelfasern auftreten (Fig. 209) und eine dünne Adventitia mit ovalen Inoblastenkernen sich differenzirt. Der Unterschied im Totalhabitus von kleinen

venösen Gefässen (Fig. 187, S. 317) wird dadurch ein beträchtlicher, dass die Wandung relativ viel dünner ist.

Fig. 209.



Leeres Lymphgefässstämmchen mit Essigsäure. V. 270. Kerne und elastische Fasernetze in der Wandung. Die längeren Kerne gehören glatten Muskelfasern an.

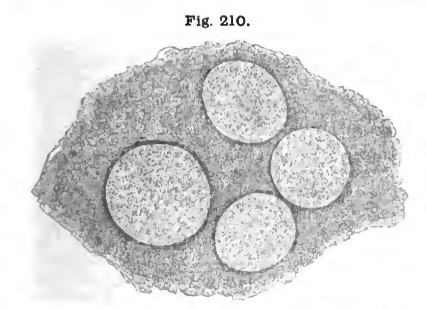
In Lymphstämmen mittlerer Grösse tritt schärfere Sonderung der drei Häute ein: die elastischen Fasern der *Intima* ordnen sich zu longidutinalen Netzen; die glatten Muskelfasern der *Media* bilden eine quergestellte Lage; die Klappen sind wie die der Venen gebaut. In den Hauptstämmen liegt längsstreifiges Bindegewebe zwischen der elastischen Intima und Media; die *Adventitia* ist stärker entwickelt, von gröberen elastischen Fasernetzen und einem weitmaschigen Netz stärkerer Capillargefässe durchzogen. Auch findet sich im Ductus thoracicus eine elastische Netzhaut zwischen Intima und Media, auf welche nach letzterer hin noch etwas longitudinales Bindegewebe mit elastischen Fasern folgt, das zur Media gerechnet wird; ebensolches führt die Adventitia und ausserdem netzförmige Längsbündel glatter Muskelfasern. — *Nerven* (und Lymphbahnen) an Lymphgefässstämmen sind nicht bekannt.

Lymphfollikel.

Die *Lymphfollikel*, Solitärfollikel, oder Follikel schlichtweg, stellen jeder eine einfachste primitive Lymphdrüse dar.

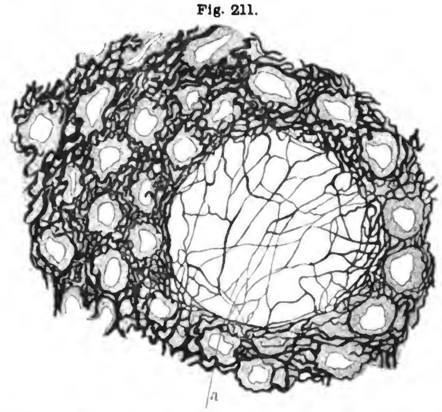
Im frischen Zustande sind einzelnstehende, solitäre Follikel am bequemsten aus der Conjunctiva des Schweines zu entnehmen und ohne Zusatz von der Fläche zu untersuchen. Sie erscheinen als kreisförmige oder ovale, 0,5—1 Mm., seltener nur 0,25 messende, hellere Flecke, umgeben von einem dunkleren Saume, der namentlich bei schwachen Vergrösserungen hervortritt (Fig. 210). Mittlere Vergrösserungen erweisen, dass derselbe aus fasrigem Bindegewebe besteht, und dass das bei schwachen Vergrösserungen granulirte Ansehen der Follikel selbst durch eine unglaublich grosse Anzahl, vielleicht 1 Million, von Lymphkörperchen hervorgebracht wird, die innerhalb der Follikel zu unregelmässigen kleinen Gruppen (Fig. 210, Fig. 214) angehäuft liegen.

Fig. 210.



Vier Lymphfollikel der Uebergangs-Conjunctiva, frisch, ohne Zusatz. V. 100/40.

Fig. 211.



Dickdarmschleimhaut, Blutgefässe injicirt, von oben gesehen, mit den Capillargefässen im Innern eines solitären Lymphfollikels und den Mündungen der Lieberkühn'schen Drüsen, deren Epithel körnig erscheint. V. 70. *a* Ringförmiges Blutgefäss am Follikelrande.

Senkrechte Durchschnitte lehren, dass die Follikel kuglig oder eiförmig sind und bis unmittelbar an die Epithelgrenze heranreichen. Ihre Blutgefässe kann man am bequemsten im Processus vermiformis des Kaninchens füllen, und dann zeigt sich, dass ein Capillarnetz mit polygonalen Maschen den ganzen Solitärfollikel gleichförmig durchzieht. Arterielle und venöse Capillaren treten vom Rande her ein, verlaufen auch parallel der Peripherie (Fig. 211 *a*). Die Maschenräume zwischen den Blutgefässen werden von kernhaltigen platten multipolaren Inoblasten und deren Ausläufern eingenommen. Letztere anastomosiren nach allen Richtungen hin unter einander, so dass bei weitem nicht jeder Knotenpunkt einen Kern enthält; und hängen mit anderen Inoblasten zusammen, die anstatt einer Adventitia capillaris die Blutgefässe begleiten und häufig mit scheinbar dreieckiger Basis der Wandcontour, d. h. dem Endothelrohr der Blutcapillare, aufsitzen. Jenes Dreieck entspricht einem der Capillare nur angelagerten Inoblastenkörper. Die Zwischenräume (Fig. 212), die noch zwischen den Gefässen und Bindegewebszellen bleiben, werden fast vollständig von Lymphkörperchen mit sehr wenig Lymphserum eingenommen, und zwar sind in jeder Masche nur wenige Körperchen enthalten. Letztere bieten keine Differenzen von denjenigen in den Lymphgefässen.

Fig. 212.



Netzförmiges Bindegewebe aus einem Follikel der Lymphdrüsenrinde. Chromsäure-Präparat, ausgepinselt. V. 300. *g* Blutcapillaren.

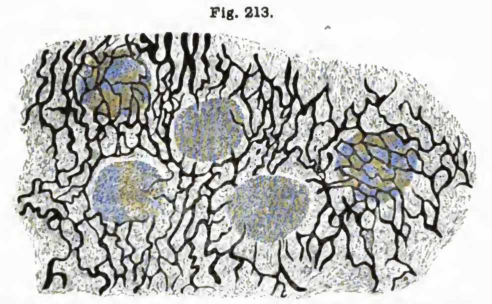
Das beschriebene eigenthümliche, aus Blutgefässen, reticulärem Bindegewebe und Lymphkörperchen zu-

sammengesetzte Gewebe kann als *Folliculargewebe*, Follikelgewebe, conglobirte Substanz, bezeichnet werden. Wo immer es auch vorkommen mag, ist es — analog wie das eine Blutgefässdrüse darstellende intravasculäre Gewebe der Milz — als durch colossale Auflockerung und Infiltration mit Lymphkörperchen, namentlich der Adventitia capillaris, entstanden zu denken: mit anderen Worten, als um viele Blutgefässe gemeinschaftlich entwickelte mächtige Lymphscheide zu betrachten.

Die bei schwachen Vergrösserungen ringfasrige Bindegewebshülle des Follikels erweist sich an ausgepinselten, vorher in Chromsäure gehärteten Präparaten als nicht continuirlich, sondern durchbrochen, von Spalten durchsetzt und von Bindegewebsbündeln (S. 349) gebildet, die nach aussen in das Bindegewebe der umgebenden Schleimhaut etc. übergehen, nach dem Innern des Follikels hin mit den Capillaradventitien zusammenhängen und die Blutgefässe meist in schräger Richtung zu dem Follikel leiten. Zwischen der beschriebenen Art von Hülle und der umgebenden Schleimhaut bleibt ein an ausgepinselten Präparaten meist heller Kugelschalen-förmiger (Fig. 214) Hohlraum, der nichts Anderes als eine oder mehrere, noch von Inoblasten durchzogene Lymphspalten darstellt.

Injicirt man die Lymphgefässe der Schleimhaut, so füllt sich ein reichhaltiges, aus Lymphcapillaren (Fig. 213), Lymphspalten und zum Theil (S. 342)

Fig. 213.

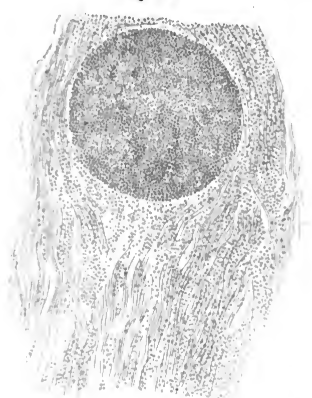


Theil eines feinen Horizontalschnitts aus einem Peyer'schen Haufen. Lymphgefässe injicirt. V. 25.

aus Lymphsinus bestehendes Gangwerk an der Peripherie des Follikels. Netzförmig wird die kuglige Oberfläche desselben mit Ausnahme der Kuppe, welche der freien Scheimhautoberfläche zugewendet ist, umstrickt und constant verlaufen die zutretenden Lymphbahnen in schräger oder vielmehr tangentialer Richtung gegen die Follikeloberfläche. Wird nun der Kugelschalen-förmige umgebende Hohlraum injicirt, so werden die Communicationsöffnungen, da der Follikelinhalt incompressibel ist, Klappen- oder Ventil-ähnlich zusammengedrückt und die Injectionsmasse verhindert, ins Innere des Follikels einzutreten. Daraus erklärt sich — abgesehen von der Anfüllung des Follikels mit Lymphkörperchen — weshalb es schwierig und manchmal unmöglich ist, die Hohlräume desselben von den Lymphgefässen aus künstlich zu injiciren. Auf natürlichem Wege mit Chylus infiltrirt, werden sie aber bei verdauendem Darm (in den Follikeln der Peyer'schen Haufen von saugenden Thieren, Brücke, 1855, Kölliker, 1859, W. Krause, 1861) angetroffen. Ausserdem lässt

sich an Tinctionspräparaten (Fig. 214) darthun, dass Streifen und Reihen von Lymphkörperchen, resp. deren gefärbten Kernen in tangentialer Richtung, genau dem Verlauf injicirter Lymphgefässe entsprechend, an den Follikel treten und continuirlich zu dessen Zellenhaufen sich fortsetzen.

Fig. 214.



Lymphfollikel der Conjunctiva, Alkohol, Hämatoxylin, Canadabalsam. V. 200/80. Die Kerne der Lymphkörperchen sind allein sichtbar und markiren sowohl den Follikel, als die mit Lymphkörperchen natürlich injicirten Streifen-artigen Lymphgefässe in der Umgebung des letzteren, die aus fasrigem Bindegewebe besteht.

So leicht es ist, bei gutgenährten, gemästeten, auch bei in Verdauung begriffenen Thieren die Lymphfollikel an den bezeichneten Orten ausfindig zu machen und die angeführten Thatsachen nachzuweisen, so schwierig stellt sich diese Aufgabe unter entgegengesetzten Verhältnissen. Abgemagerte, durch chronische Krankheiten oder Entbehrungen heruntergekommene Menschen, wie sie aus Strafanstalten und Hospitälern in die Sectionssäle kommen, sind begreiflicher Weise am wenigsten geeignet. Man trifft nämlich die Follikel zusammengefallen, theilweise leer, und dann sind ihre Grenzen nur sehr schwierig vom umgebenden Bindegewebe zu sondern. Um so weniger, wenn dieses, wie es auch bei ganz normalen Ernährungsverhältnissen oder bei Säugethieren häufig der Fall, dicht mit Lymphkörperchen infiltrirt sich zeigt. Dies hat den Anlass gegeben, einerseits die Follikel incl. ihrer infiltrirten Nachbarschaft als conglobirte Drüsensubstanz zu bezeichnen, und andererseits jede Lymphinfiltration, d. h. massenhaften Befund von Lymphkörperchen im Bindegewebe, als Ausdruck eines dem Follikelgewebe vollkommen ähnlichen netzförmigen, als *lymphadenoides*, adenoides, cytogenes Gewebe bezeichneten Bindegewebes (S. 46) anzusehen. Es sind hierbei aber verschiedene Fälle zu unterscheiden, und die anzuführenden, mit jenem gemeinschaftlichen Ausdruck bezeichneten Formationen tragen unter wechselnden Umständen in verschiedenen Mengen-Verhältnissen zur Entstehung des fraglichen Bildes bei.

1. Es handelt sich wirklich um netzförmiges Bindegewebe, dessen Maschen von Lymphkörperchen infiltrirt sind: so in den Darmzotten, in deren Basis (bei Thieren) sich Follikel direct hineinerstrecken und in der Richtung nach deren Spitze unbestimmt begrenzt aufhören; ferner in den Brücken netzförmigen Bindegewebes, die mitunter benachbarte Follikel unter einander verbinden, u. s. w.

2. Oder es ist lymphadenoides Gewebe vorhanden (z. B. in der ganzen Darmzotte), das verhältnissmässig lange, sehr feine Ausläufer der Inoblastenkörper zeigt (S. 47).

3. Oder es stecken mehr oder weniger zahlreiche Wanderzellen in Saftkanälchen und liefern wenigstens einen Beitrag zum Follikel-ähnlichen Aus-

sehen des gewöhnlichen Bindegewebes. Auch dieses kommt bei gut genährten Individuen resp. gemästeten Thieren am häufigsten zur Beobachtung. Solches Bindegewebe wird gewöhnlich ebenfalls als lymphadenoides bezeichnet.

4. Endlich (Fig. 214) können Lymphkörperchen führende Lymphcapillarnetze und Lymphbahnen überhaupt für eine diffuse Lymphinfiltration gehalten werden, da die ersteren überhaupt nur nach Injection oder Silberbehandlung kenntlich werden; ohne diese sich aber höchstens durch einzelne, mehr oder weniger zahlreiche Lymphkörperchen verrathen, deren Kerne mit Tinctionsmitteln gefärbt werden.

In den beiden letzten Fällen (3. u. 4.) besteht die Grundsubstanz, wie sich beim Auspinseln von Chromsäure-Präparaten ergibt, aus Bündeln fibrillären Bindegewebes mit feinen elastischen Fasern.

Nach dem Gesagten kann das Bild einer Lymphinfiltration nicht nur durch netzförmiges Bindegewebe, sondern auch durch lymphadenoides Bindegewebe und ebensowohl durch theilweise natürlich injicirte Lymphbahnen (Fig. 214) hervorgebracht werden. Häufig sind, wie schon gesagt, alle drei Dinge zusammengeworfen worden. Man hat netzförmiges Bindegewebe für lymphadenoides gehalten und als conglobirte Substanz bezeichnet; ferner wurden halbgefüllte Lymphgefässe für lymphadenoides Bindegewebe und andererseits letzteres, resp. seine Saftkanälchen mit Wanderzellen, für netzförmiges (reticuläres) Gewebe genommen und als adenoides bezeichnet.

Wo immer Lymphfollikel vorkommen mögen — ihr Bau und Verhalten zu den Blut- und Lymphgefässen ist stets dasselbe. Ihre Verbreitung aber ist eine sehr grosse und ihre Anordnung eine verschiedene. Man kann zunächst isolirte Solitärfollikel und Follikelgruppen unterscheiden, wobei zu bemerken ist, dass in der Nachbarschaft von letzteren einzelne Solitärfollikel zu sitzen pflegen. Ueber die Verbreitung in Schleimhäuten lässt sich am besten nach Einlegen in verdünnte Säuren (3 %ige Essigsäure, W. Krause, 1860) urtheilen, da die Follikel gross genug sind, um mit freiem Auge als weissliche Punkte in gallertig gewordenem Bindegewebe erkannt zu werden. Die weissliche Farbe verdankt ihre Entstehung den dichtgedrängten, allein noch sichtbaren Kernen der Lymphkörperchen. Freilich muss Uebersättigung mit Natron, wobei die Kerne zerstört oder sehr blass werden, hinzukommen, um vor Verwechslungen mit acinösen Drüsen etc. zu schützen. Die anscheinend wechselnde Anzahl, resp. das scheinbar gänzliche Fehlen nicht nur der solitären, sondern auch der Lymphfollikel überhaupt an einigen Stellen bei manchen Individuen, wo sie in Wahrheit gleichwohl constant sind, erklärt sich einfach aus den (S. 348) angedeuteten Schwierigkeiten der Auffindung bei manchen Ernährungs-Verhältnissen des Körpers.

Solitäre Follikel finden sich, wie es scheint, in allen Schleimhäuten. Am längsten bekannt sind sie aus der Schleimhaut des Dickdarms und Dünndarms. Ferner finden sie sich constant in der Conjunctiva (W. Krause, 1860), sie sind bekannt aus der Schleimhaut der Paukenhöhle, der Zungenwurzel, des Pharynx, des Kehlkopfes, der Luftröhre, des Oesophagus, Magens, Colon und Rectum. Sehr dicht gedrängt stehen sie im Processus vermiformis. Zuweilen sind sie in der Harnblase gefunden (beim Menschen, W. Krause), constant in der Vaginalschleimhaut des Schweines (W. Krause, 1861). Ihre Seltenheit oder gänzliches Fehlen in der Schleimhaut der Harn- und Geschlechtsorgane (mit den angeführten Ausnahmen) ist ein physiologisch interessantes Factum. — Auch seröse Häute scheinen Lymphfollikel (S. 297) besitzen zu können, wenigstens sind Lymphkörperchen-Anhäufungen in der Pleura (S. 204) beschrieben, und es mögen daselbst sowie auch im Omentum majus (Kölliker, 1867) vorkommende Lymphkörperchenhaufen als solche zu deuten sein.

Die Solitärfollikel sitzen theils isolirt, theils als kleine Gruppen zu 2—4 (Fig. 210) in der Schleimhautebene neben einander. Solche, beim Menschen seltener vorkommende, bilden den Uebergang zu den *Peyer'schen Haufen,* die nichts weiter sind, als horizontal ausgebreitete, grössere, ovale Gruppen von Lymphfollikeln. Bei Thieren kommen sie auch als Bruch'scher Haufen in der Conjunctivalschleimhaut vor. Denkt man sich einen Peyer'schen Haufen, was sein Centrum betrifft, in die Tiefe gestülpt, so hat man das Bild einer *Balgdrüse* der Zungenwurzel (Fig. 107, S. 191). Mehrere Balgdrüsen zusammengehäuft (incl. der benachbarten acinösen Drüsen) geben das Bild der *Tonsillen,* resp. der Balgdrüsengruppe im Pharynx.

Isolirte Lymphfollikel im Innern von Organen sind nur (s. jedoch S. 227) aus der Milz als *Milzfollikel* bekannt; sie bieten hier das Eigenthümliche, dass sie als stark entwickelte Lymphscheiden um Arterien herum auftreten und mithin von stärkeren Arterien durchsetzt werden. Die *Thymus* dagegen ist eine relativ colossale Anhäufung von dichtgedrängten Lymphfollikeln, und die Rindensubstanz der *Lymphdrüsen* besteht ebenfalls daraus.

Sonach stellt sich heraus, dass eine überraschend grosse Zahl von Organen mit diesen kleinen primitiven Lymphdrüsen ausgestattet ist, resp. aus solchen besteht. Ueber ihre Bedeutung für die Blutbildung s. Lymphe.

Bei Säugethieren sind Bau, Verbreitung und Anordnung der Lymphfollikel wie beim Menschen. Bei Vögeln sind sie sparsamer, zum Theil schärfer abgegrenzt, besonders deutlich im Verdauungstractus gemästeter Gänse. Den Amphibien fehlen Lymphfollikel, wie es scheint, gänzlich, doch hat man sie inconstant in der Darm- und Harnblasenschleimhaut des Frosches angetroffen (v. Recklinghausen, 1862); ferner ähnliche Bildungen in der Froschzunge (Thoma, 1873); auch sind bei Fischen analoge Bildungen vorhanden, Leydig (1853). — Die zahlreichen Lymphgefässe und Sinus der Peyer'schen Haufen, deren Follikel früher für secernirende kugelförmige Schleimcrypten angesehen wurden, hat bereits Fohmann (1840) injicirt; dann beobachtete Brücke (1850) ein bindegewebiges Fasernetz in ihren Follikeln und vermuthete deren Zusammenhang mit dem Lymphgefässsystem. Die Blutgefässe der Peyer'schen Haufen wurden von Frey mit (Ernst, 1851) injicirt, später die der übrigen Follikel hauptsächlich durch Kölliker (1852) nachgewiesen, und das netzförmige Bindegewebe im Innern durch Kölliker und Billroth (1858). — Lymphinfiltration des Bindegewebes beschrieb W. Krause (1860, 1861) in der Conjunctiva, den Darmzotten etc.; von His (1862) wurde sie als adenoide Substanz gedeutet; von anderer Seite sind die Lymphfollikel vielfach für pathologische Bildungen gehalten (Stromeyer, Böttcher, Henle u. A.).

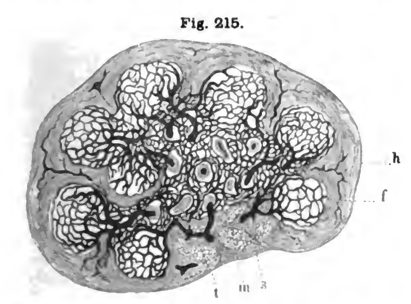
Lymphdrüsen.

Die *Lymphdrüsen, Glandulae lymphaticae* s. conglobatae, Lymphknoten, liegen an bestimmten Stellen des Körpers, gemeiniglich in Haufen, in welchen die Anzahl der Drüsen variirt, locker in fettreiches Bindegewebe eingehüllt; und hängen durch Lymphgefässe, die von einer zur andern gehen, zusammen. Es sind länglich-ellipsoidische, etwas plattgedrückte Körper, 2 bis höchstens 27 Mm. lang, aber weniger breit, nur die kleinsten sind rundlich und von der Grösse und Gestalt einer Erbse oder Linse: haben eine grauröthliche oder braunrothe oder schwarze Farbe, sind etwas hart und glatt; erhalten viele kleine, aber im Verhältniss zu ihrer Grösse ansehnliche Blutgefässe, doch keine mit freiem Auge sichtbaren Nerven (S. 357), obgleich nicht selten eine Lymphdrüse von einem Nerven durchbohrt wird. Die Hülle der Lymphdrüse wird von einer dünnen festen Bindegewebshaut gebildet; unter dieser liegt das Gewebe, welches einen Knäuel von Lymph- und Blutgefässen enthält. Jede Lymphdrüse dient nämlich zum Vereinigungspunkte mehrerer Lymphgefässe, welche an einer Seite derselben eintreten, *Vasa lymphatica afferentia* s. inferentia; diese theilen sich, so dass jedes zu mehreren benachbarten Lymphdrüsen geht, verästeln sich im Innern der Drüse, bilden Windungen und Knäuel, in welchen die Lymphgefässe eine Dicke von 0,1 bis 0,2 haben. Endlich treten die ausführenden Lymphgefässe wieder aus der Drüse hervor als *Vasa lymphatica efferentia,* welche immer in geringerer Anzahl vorhanden, aber stärker sind, als die Vasa lymphatica afferentia, und setzen ihren Lauf in der Richtung zum Herzen fort: treten aber sehr häufig

von Neuem durch eine andere Lymphdrüse. Auf diese Art nimmt in der Richtung zum Herzen die Zahl der Lymphgefässstämme successive ab. Haufen von Drüsen, welche unter einander durch zahlreiche, in verschiedener Richtung ein- und austretende Lymphgefässe verbunden sind, nennt man *Lymphgefässplexus, Plexus lymphatici, Saugadergeflechte;* welche erstere Benennung auch länglichen Netzen von Lymphgefässstämmchen oder grösserer Saugadern überhaupt, bevor diese in Lymphdrüsen sich einsenken, beigelegt wird.

Die Lymphdrüsen haben drei Bestandtheile: Rindensubstanz, Marksubstanz und Hilusstroma. Die *Rindensubstanz* ist grau oder gelb-röthlich, auf dem Durchschnitt weich; die *Marksubstanz* mehr röthlich, weich und schwammig, reicher an grösseren Blutgefässen, das *Hilusstroma* weisslich und fester. Entweder die Marksubstanz oder das Hilusstroma tritt an einer Stelle, eine nabelartige Einziehung oder Spalte, *Hilus*, bildend, an die Oberfläche, woselbst die Vasa efferentia und die Blutgefässe die Drüse verlassen, während die afferentia direct in die Rindensubstanz sich einsenken. Ein Längsschnitt, welcher die Drüse halbirt, zeigt daher einige Aehnlichkeit mit einem analogen Schnitt durch die Niere; nur dass die Lymphdrüsenmarksubstanz, resp. das Hilusstroma, viel unregelmässiger ist: der Hilus würde dem Nierenbecken correspondiren. Die Rindensubstanz besteht wesentlich aus Lymphfollikeln, die der Marksubstanz fehlen. Letztere ist in verschiedenen Drüsen verschieden entwickelt: in den Mesenterialdrüsen zeigt sie sich massenhafter und im Hilus (Fig. 215 *s*) nahe an die Oberfläche herantretend, während das dem Hilusstroma entsprechende Gewebe mitunter fast ganz ausserhalb der Drüse liegt. In den Axillar- und Inguinaldrüsen dagegen reducirt sie sich auf einen länglichen Streifen, und das Drüsen-Centrum wird grösstentheils vom Hilusstroma eingenommen.

Fig. 215.



Lymphdrüse des Mesenterium, deren Blutgefässe mit Berlinerblau injicirt sind, auf dem Längsdurchschnitt. Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam, V. 50/25. *h* Hülle der Drüse. *f* Follikel. *s* Hilusstroma mit Fettzellenhaufen. *m* Marksubstanz mit Follicularsträngen. *t* Trabekel der Marksubstanz, zum Theil Blutgefässe führend, wie sich solche auch in der Hülle verzweigen.

Die Kapsel oder Hülle, Bindegewebshaut, *Tunica fibrosa,* besteht aus concentrisch angeordneten festen Bindegewebsbündeln mit eingelagerten, an ihren Kernen kenntlichen glatten Muskelfasern (Fig. 219). Von derselben gehen, ähnlich wie bei der Milz, fibröse Balken, *Trabekeln* (Fig. 217 *t*) und Septa (Fig. 215) in das Innere der Drüse, durchsetzen zunächst die Rindensubstanz und scheiden sie in die Lymphfollikel, *Rindenfollikel,* Rindenknoten, Follikel der Lymphdrüsen, Alveolen, Cortical-Ampullen, Kugeln der Rindensubstanz. Sie haben ganz und gar den Bau solitärer Lymphfollikel, hängen (Fig. 215) häufig unter einander durch Brücken ihres eigenthümlichen Gewebes, Folliculargewebes (Fig. 212) zusammen, und ebenso mit den Follicularsträngen der Marksubstanz. Indem die Septa durchbrochen werden

und die Balken netzförmig anastomosiren, kommt Ersteres zu Stande; in die Marksubstanz aber setzen sich die Balken als abgeplattete solide Cylinder fort und bilden in derselben ein Netzwerk. Während die Septa zwischen den Follikeln radiär verlaufende glatte Muskelfasern führen, sind Bündel der letzteren an der Grenze zwischen Rinde und Marksubstanz ringförmig angeordnet (Schwarz, 1867), und auch die Balken der letzteren enthalten sparsamere Muskeln.

Die Hohlräume jenes Netzwerkes werden von einem zweiten Netzwerk überall durchflochten, welches aber das Balkennetz nirgends berührt, sondern durch weite, hohlcylinderförmige Lymphbahnen (Fig. 216 *A*) von letzterem getrennt bleibt. Das zweitgenannte Netzwerk besteht aus den Follicularsträngen, Markstränge, Drüsenschläuche, Markschläuche, Lymphröhren (Frey). Von cylindrischer Form, jedoch hier und da mit buckelförmigen Auftreibungen besetzt, und bedeutend geringerem Quermesser als die Lymphfollikel inseriren sie sich einzeln oder mehrere nebeneinander an den inneren oder den seitlichen Polen der kugelförmigen Follikel, setzen letztere unter einander in Verbindung, theilen sich dichotomisch nach kurzem Verlauf, und anastomosiren mit den benachbarten Follicularsträngen (Fig. 215 *m*): auf diese Art entsteht ein die ganze Rinde und das Mark durchziehendes, in sich geschlossenes Netzwerk von reticulärem Bindegewebe nebst Blutgefässen und Lymphkörperchen, indem die Stränge der Marksubstanz aus ganz demselben Folliculargewebe bestehen, wie die Lymphfollikel (Fig. 212) selbst. Auf Durchschnitten der Lymphdrüsen erscheinen gewöhnlich mehrere, concentrisch von der Peripherie nach innen an Umfang abnehmende Reihen von Follikeln: die letzteren sind also in mehreren Schichten übereinander gelagert. Mitunter reichen einzelne Follikel weit in die Marksubstanz hinein, oder werden scheinbar isolirt, in Wahrheit mit Follicularsträngen in Verbindung innerhalb dieser Substanz angetroffen. Sie sind als stärkere Entwicklung der erwähnten rundlichen Auftreibungen an den Strängen aufzufassen. — Die Follikel der äussersten Peripherie zeichnen sich dadurch aus, dass sie nahe der Drüsenhülle gelegene hellere Stellen, Vacuolen, enthalten, welche von polygonalen Capillarnetzen, dichtgedrängten Lymphkörperchen und einem weitmaschigeren, an der Peripherie der Vacuolen enger werdenden Inoblastennetz eingenommen werden.

Die Gesammtmasse der Follikel und Follicularstränge kann als eigentliches Lymphdrüsengewebe oder Drüsenparenchym den Lymphbahnen der Drüsen gegenüber gestellt werden.

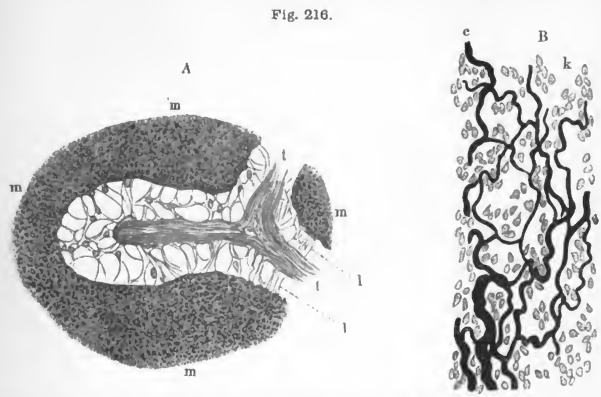
Das *Hilusstroma*, Hilusgewebe (Fig. 215 *s*), ist wie gesagt (S. 351) in verschiedenen Drüsen verschieden stark entwickelt. Wo letzteres der Fall, besteht es aus starken sich durchkreuzenden Bündeln fasrigen Bindegewebes, welche die Blutgefässe, die Vasa efferentia, sowie viele Fettzellengruppen in sich eingebettet enthalten. Querschnitte der Lymphgefässe im leeren Zustande nehmen sich darin wie helle Lücken und Spalten aus.

Was die Blutgefässe der Lymphdrüsen betrifft, so erhält die *Hülle* einzelne kleine arterielle Gefässe, die in derselben ein weitmaschiges Capillarnetz bilden, sich in die Septa fortsetzen und mit dem der Rinde anastomosiren: der venöse Abfluss findet auf diese Art durch die Drüse hindurch statt.

In den Hilus tritt eine kleine *Arterie*; bei grösseren Lymphdrüsen können mehrere in andere Hilus-artige Stellen der Drüsenperipherie sich einsenken. Sie verästelt sich (Fig. 215) und die Zweige resp. arteriellen Capillaren verlaufen einerseits in den Trabekeln, theilen sich wie diese und ihre Endäste gelangen theils in die Septa der Rinde, mit den Hüllengefässen wie gesagt anastomosirend, theils verlassen sie die Trabekeln an deren Enden oder

Flanken, durchsetzen die Hohlräume (Lymphbahnen), welche die Trabekeln umhüllen und gelangen so in die Follicularstränge. Die Trabekeln endigen nämlich im Gegensatz zu den continuirlich zusammenhängenden Follicularsträngen im Innern der Drüsen hier und da spitz, seltener etwas abgerundet (Fig. 216), nachdem sie sich allmälig verfeinert haben; auch hängen ihre Flanken mit Bindegewebsfasern und Inoblasten zusammen, welche die von den Flanken abtretenden stärkeren Blutgefässe Perithel-ähnlich umscheiden. Niemals aber setzen Capillargefässe die Trabekeln und das Folliculargewebe in Verbindung. — Anderntheils treten die arteriellen Aeste direct in die Follicularstränge ein, verlaufen in deren Axe, verästeln sich (Fig. 216 *B*) und zu

Fig. 216.



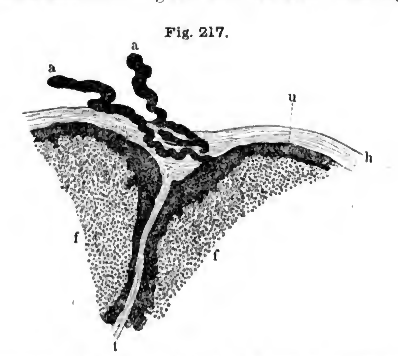
Aus der Marksubstanz einer Lymphdrüse. *A* nach Behandlung mit Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 400/180. *m* Follicularstränge der Marksubstanz. *tt* Trabekel. *ll* Lymphgänge zwischen beiden verlaufend und von sternförmigen Inoblasten durchsetzt. *B* Follicularstrang einer mit Leim und Berlinerblau durch die Arterien injicirten Lymphdrüse. Alkohol, Carmin, Essigsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 260. *c* Blutcapillaren. *k* Kerne der Lymphkörperchen und des Gewebes des Follicularstranges.

jedem Rindenfollikel gelangen einige arterielle Capillaren von innen her, in demselben das beschriebene (Fig. 215) Netz (wie in Fig. 211) bildend. — Die *Venen* nehmen den Verlauf wie die Arterien, treten aber schliesslich nur zum Hilus und constituiren hier zum Theil dichte venöse Plexus; sie verlassen den Hilus als solche oder bilden eine relativ starke Centralvene.

Lymphbahnen. Die *Vasa afferentia* sind Lymphgefässstämme; theilen sich gewöhnlich mehrfach ausserhalb der Drüse, treten zu mehreren an verschiedenen Stellen in die Hülle, durchsetzen dieselbe in schräger Richtung (Fig. 217 *a*) und ergiessen sich plötzlich in Kugelschalen-förmige *Lymphspalten*, Lymphsinus (His), Umhüllungsräume (Frey), Lymphgänge, welche die Rindenfollikel umscheiden. Auf dem Durchschnitt einfach gehärteter Präparate erscheinen sie als helle Ringe, welche, im Gegensatz zu den die Peyer'schen Follikel etc. umhüllenden Lymphsinus, von zahlreichen, radiärgestellten, netzförmig verbundenen zarten Inoblasten (Fig. 219 *u*) durchsetzt werden. Dies ist namentlich bei den an Septis hinziehenden Spalten der Fall; die der Drüsen-

oberfläche zugekehrten werden zum Theil von stärkeren kernführenden Bindegewebsbälkchen in gleichfalls radiärer Richtung durchsetzt und sind diese Balken, sowie die Septa und Trabekeln in der ganzen Lymphdrüse von platten kernhaltigen Endothelien überkleidet. Auch an der Oberfläche der Lymphfollikel sind letztere, wo stärkere Bälkchen an dieselbe sich inseriren, vorhanden und erscheinen auf dem Durchschnitt von erhärteten oder zugleich tingirten Canada-Präparaten als scharfer, mit länglichen (abgeplatteten) Kernen versehener Saum. Im Uebrigen wird die Follikel-Oberfläche nur von verdichtetem netzförmigen Bindegewebe gebildet: eine Schicht platter länglich-polygonaler Inoblastenkörper mit platten ovalen Kernen zeigt sich auf dem Durchschnitt als ein dem beschriebenen ähnlicher Saum (Fig. 219 *k*). Die Inoblasten senden aber Fortsätze aus, die mit dem Bindegewebe auch im Innern des Follikels zusammenhängen. Analoge Beschaffenheit zeigt die Oberfläche der Follicularstränge, und so kommt es, dass überall keine tangentiale Communicationen mit den Maschenräumen des reticulären Bindegewebes, resp. Durchbrechungen stattfinden.

Fig. 217.

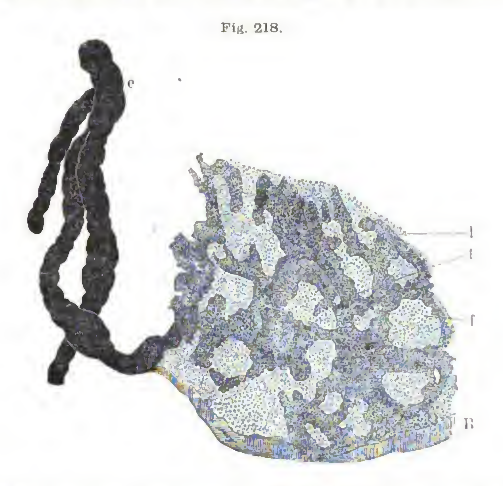


Rindensubstanz einer Lymphdrüse; Vasa afferentia mit kaltflüssigem Berlinerblau injicirt. Alkohol, Durchschnitt senkrecht zur Oberfläche, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 120. *ff* Theile von zwei Rindenfollikeln. *t* Trabekel innerhalb der mit dunkler Injectionsmasse gefüllten Lymphespalten, welche die Follikel umhüllen. *u* Lymphspalte. *h* Hülle, die von den Vasa afferentia *a a* durchbohrt wird.

Diese Kugelschalen-förmigen Lymphspalten der Rinde erweitern sich an den dem Drüsen-Innern zugekehrten gekrümmten Flächen der Follikel und gehen in hohlcylinderförmige Lymphspalten, *Lymphgänge*, cavernöse Gänge, über, die nach aussen vom Netz der Follicularstränge begrenzt werden, in ihrer Längsaxe aber die, wie gesagt, mit Endothel bekleideten Trabekeln (Fig. 218 *t*) enthalten, wodurch ihre im Ganzen hohlcylinderförmige, in nicht vollständig gefülltem Zustande jedoch abgeplattete Form zu Stande kommt. Die Abgrenzung der Lymphgänge gegen die Follicularstränge erfolgt in derselben Weise wie die der Lymphspalten gegen die Rindenfollikel; wenigstens lässt sich auch hier durch Silber (Bizzozero, 1872) ein Endothel-ähnlicher Ueberzug der Stränge darstellen. Während nun die Follicularstränge und Trabekeln Capillargefässe führen, sind die Lymphbahnen der Rinde wie der Marksubstanz vollständig frei davon und der Hohlraum zwischen Trabekeln und Follicularsträngen wird — abgesehen von einzelnen stärkeren zu den letzteren gehenden Blutgefässen — nur von einem Inoblastennetz durchsetzt (Fig. 216 *A l*). Diese kernhaltigen Zellen stehen in radiärer Richtung auf der Oberfläche der Follicularstränge, sie anastomosiren mittelst ebenso gestellter, spitzwinklige Maschen bildender Ausläufer und letztere hängen ihrerseits mit fasrigen Ausstrahlungen von Enden und Flanken (S. 353) der Trabekeln zusammen. Die Lymphgänge führen zahlreichere Lymphkörperchen

als die Lymphspalten der Rinde, welche Körperchen viel leichter durch Auspinseln als diejenigen aus den Follicularsträngen zu entfernen sind.

Fig. 218.



Marksubstanz einer Lymphdrüse. *e* Vasa efferentia, die mit kaltflüssigem Berlinerblau injicirt sind. Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 90. *l* Lymphgänge, injicirt und daher dunkel. *f* heller aussehende Follicularstränge. *t* querdurchschnittene Trabekeln. *R* abgeschrägter und deshalb schattirter Rand des Präparates.

Die Lymphgänge der Marksubstanz anastomosiren gerade so vielfältig unter einander wie die Follicularstränge und Trabekeln. Der Charakter des Folliculargewebes als Lymphscheide (S. 347) tritt besonders an solchen Follicularsträngen hervor, die nur Ein in ihrer Axe verlaufendes Blutgefäss führen.

Die *Vasa efferentia* setzen sich am Hilus aus den Lymphgängen der Marksubstanz zusammen. Während die Follicularstränge mit abgeschlossenen Netzen aufhören, nehmen die zwischen ihnen hervortretenden Lymphgänge eine Sinus-artige Form an, verlieren allmälig das sie durchsetzende Inoblastennetz und somit ihren Charakter als Lymphspalten, erzeugen im Hilus ein sehr dichtes, nämlich aus Lymphgefässen, die mit einer dünnen bindegewebigen Wand ausser ihrem Endothel versehen sind und relativ zu ihrer Länge sehr kurze und dicke Kanäle darstellen, gebildetes Netzwerk (Fig. 218 *l*), aus welchem dann die Stämme der Vasa efferentia hervorgehen. Zwischen den Maschen dieses Gangwerks liegen im Bindegewebe des Hilus die hier eintretenden Blutgefässe und Fettzellen; es entsteht auf diese Art im Hilusstroma ein Blut- und Lymphgefässknäuel, der an verschiedenen Drüsen und Körperstellen entweder nur den Hilus einnimmt, oder sich weit nach innen in die Marksubstanz hinein erstreckt oder ausserhalb des Drüsenhilus stark entwickelt sich ausdehnt. Hiernach erklären sich die macroscopischen Verschiedenheiten (S. 351) von Lymphdrüsen, die Differenzen im quantitativen Verhältnisse zwischen Rinde und Mark u. s. w.

Nach dem Gesagten besteht sowohl Rinde als Mark der Lymphdrüsen aus zwei Bestandtheilen: Folliculargewebe und bindegewebige Balken, die sich nirgends berühren, nur durcheinander gesteckt sind und vermittelst Lymphbahnen von einander getrennt werden. In der Rinde sind die Balken in Form von platten Septis, das Folliculargewebe als kuglige Massen, die Lymphbahnen als Kugelschalen-förmige Umhüllungsräume der Follikel angeordnet. In der Marksubstanz nehmen die Balken und das Folliculargewebe cylindrische Form an, anastomosiren unter einander und die Lymphbahnen stellen hohlcylinderförmige, ebenfalls unter einander und mit den die Rindenfollikel umgebenden Lymphspalten communicirende Räume dar. Lymphe oder injicirte Flüssigkeiten können, wie aus dem Gesagten hervorgeht, die Lymphdrüsen passiren: ihre Lymphbahnen bilden in Wahrheit ein vielfach verzweigtes Wundernetz, das zwischen Vasa afferentia und efferentia eingeschaltet ist. Ausserdem hat die Lymphdrüse aber auch einen drüsigen Bestandtheil, nämlich ihr Folliculargewebe in Follikeln und Strängen und es kommt hinzu, dass die Lymphbahnen in ihrem Innern nicht frei sind, sondern von einem ausserordentlich zierlichen engen Bindegewebsnetz durchzogen werden. So stellt die Lymphdrüse gleichsam einen microscopisch feinen Schwamm dar, der sehr geeignet wäre, um Flüssigkeiten zu filtriren. Gleichwohl enthalten die Vasa afferentia resp. die Lymphgefässstämme vor ihrem Durchtritt durch Lymphdrüsen nur sparsame, die Lymphe der Vasa efferentia dagegen bei weitem zahlreichere Lymphkörperchen (S. 360).

Die entscheidende Aufklärung über diesen Bau der Lymphdrüsen haben His (1861) und Frey (1860, 1861) vermittelst künstlicher Injection der Lymphbahnen gegeben: natürliche Injection mit Anilinblau am lebenden Thiere liefert dieselben Resultate für die Lymphdrüsen an der Leber des Hundes (Toldt, 1868). — Der Weg, den die in den Vasa afferentia circulirende Flüssigkeit nimmt, ist bei den Mesenterialdrüsen direct zu verfolgen: die Fettmolécüle des Chylus zeigen sich während der Verdauung in den Lymphbahnen der Rinde, sowie des Markes; zuweilen auch im innern der Rindenfollikel (Kölliker, 1854; Virchow, 1859; W. Krause, 1861; nach Frey, 1861, auch in den Marksträngen).

Fig. 219.



Durchschnitt der Peripherie der Rindensubstanz einer Lymphdrüse vom Rinde, senkrecht zur Oberfläche. Alkohol, Carmin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 800/460. *h* Hülle mit den stäbchenförmigen Kernen glatter Muskelfasern. *u* Theil einer Lymphspalte, welche Kugelschalenförmig einen Follikel umhüllt, von Bindegewebszellen durchzogen. *k* Substanz eines Rindenfollikels mit Kernen von Lymphkörperchen: an der Grenze gegen *u* liegen abgeplattete Zellenkerne, welche eine Endothelähnliche Abgrenzung der Follikel-Oberfläche gegen die umhüllende Lymphspalte darstellen. *c* Querschnitt einer leeren Blutcapillare.

Bei Säugethieren (Rind, Schaf, Hund etc.) ist der Bau der Lymphdrüsen klarer, wahrscheinlich aus analogen Gründen, welche die Untersuchung der gefüllten Lymphfollikel (S. 348) überhaupt erleichtern: übrigens im Wesentlichen derselbe. Lymphdrüsen-ähnliche Apparate, namentlich die Thymus, besitzen alle Wirbelthiere; Lymphdrüsen wie die der Säuger kommen nur noch bei Vögeln an wenigen Körperstellen vor. — Das Verhältniss zwischen Rinde, Mark und Hilusstroma wechselt bei den Säugethieren (His, 1861): an den oberflächlichen Lymphdrüsen des Hundes dringt die Marksubstanz stellenweise bis an die Kapselhülle vor. In den Inguinal- und Axillardrüsen der Wiederkäuer ist die Marksubstanz stark entwickelt, sie reicht am Hilus bis dicht an die Oberfläche und die Lymphgefässnetze der Vasa efferentia liegen grösstentheils ausserhalb des letzteren. Ein ähnliches Verhalten wie beim Menschen zeigen sämmtliche Mesenterialdrüsen. Die Bronchialdrüsen und andere sind gewöhnlich mehr oder weniger schwarz pigmentirt, dies ist für pathologisch zu halten, schon weil die Pigmentirung bei einzelnen gesunden jugendlichen Individuen fehlt (C. Krause, 1838. In der Leiche eines Hohenzollern, der 1866 in Böhmen fiel, W. Krause). Dagegen ist die Marksubstanz und namentlich das Inoblastennetz der Lymphgänge Träger einer constanten bräunlichen, meist mit freiem Auge zu erkennenden Pigmentirung beim Rind und Pferd.

Die *glatten Muskelfasern* (Fig. 219 *h*) wurden von Heyfelder (1851) entdeckt: sie sind nach Letzterem beim Menschen, Hunde, Fiedermaus, Rind, Schaf, Gans, Huhn; zahlreicher bei den Nagern (Maus, Ratte,

Kaninchen); nach His (1861) beim Rinde, nach v. Recklinghausen (1862) beim Pferde mehr, bei der Katze und dem Schweine weniger entwickelt. Ueber ihre Function s. Nerven der Lymphdrüsen.

Es gibt auch kleine unvollständig entwickelte inconstante Lymphdrüsen namentlich in der Kniekehle und Ellenbogenbeuge (vielleicht auch an den Metacarpo-Phalangealgelenken, Rauber, 1865), die nur 0,5—2 Mm. Durchmesser haben. Die eigentliche Drüsensubstanz oder das Folliculargewebe ist auf unregelmässige, meist an einer Seite gelegene Massen von letzterem Gewebe reducirt, die Vasa afferentia und das engmaschige Netzwerk der efferentia sind relativ stark entwickelt und dicht an einander gedrängt. Wird an injicirten Drüsen das Folliculargewebe bei schwachen Vergrösserungen übersehen, so entsteht der Anschein, als ob das ganze Gebilde aus einem Knäuel von gewöhnlichen Lymph- und Blutgefässen zusammengesetzt sei und wesentlich ein Lymphgefäss-Wundernetz (Saugader-Wundernetz, Teichmann, 1861) constituire.

Die Nerven der Lymphdrüsen sind nur microscopische Gefässnerven, die mit den Arterien, vorzugsweise im Hilus eintreten und sich mit denselben verzweigen. Sie führen feine doppeltcontourirte und blasse Fasern. Letztere versorgen auch die glatten Muskelfasern der Hülle und Trabekeln.

Ganglienzellen beschrieben Schaffner (1848 beim Kalbe, 1854 bei der Maus) und Popper (1872); letzterer auch mit Goldchlorid sich schwärzende blasse Nervenfasern in der Drüsensubstanz, wobei Verwechslungen zu Grunde gelegen haben dürften. — Im Fall die glatten Muskelmassen der Drüsen sich rhythmisch zusammenziehen (His, 1861), würde dadurch der Lymphstrom in den Vasa efferentia beschleunigt werden, da die afferentia Klappen besitzen und der Effect analog sein wie bei den Lymphherzen (S. 343) von Vögeln, Amphibien und Fischen, obgleich hier quergestreifte Muskelfasern vorhanden sind. Die Unterschiede zwischen solchen und glatten sind für diese Vergleichung irrelevant, wie schon das Blutherz der Wirbelthiere anzeigt. Auch würde der Umstand damit nicht in Widerspruch stehen, dass bei manometrischen Untersuchungen eine rythmische Drucksteigerung nicht zu beobachten ist, was schon Ludwig und Noll (1849) nachwiesen.

Thymus.*

Die *Gl. thymus,* Thymusdrüse, ist eine grosse Lymphdrüse. Sie besteht aus einer Hülle und zwei Hauptlappen. Jeder der letzteren wird von einer grossen Anzahl primärer Läppchen gebildet, die zu secundären und diese wieder zu tertiären zusammentreten. Sämmtliche Läppchen sind von einander durch Fortsetzungen der bindegewebigen Hülle getrennt, die mit letzterer in ihrem Bau übereinstimmen.

Die *Hülle* ist aus fasrigem, zu dünnen Platten angeordnetem Bindegewebe mit sparsamen länglich-ovalen Inoblastenkernen und zahlreichen, stellenweise zu Parallelbündeln und Netzen verflochtenen elastischen Fasern mittlerer Stärke gewebt.

Die *primären Läppchen,* Acini, Alveolen, Unterabtheilungen, Drüsenbläschen, sind von länglich-polygonaler Form und 1—2 Mm. Durchmesser. Sie enthalten im Centrum eine ebenfalls längliche, künstlich leicht zu erweiternde Spalte, die mit denjenigen benachbarter primärer Läppchen vermittelst eines ähnlichen Spaltraums zusammenhängt, der in der Längsaxe der secundären Läppchen verläuft. Es entsteht dadurch auf Durchschnitten bei Loupen-Vergrösserung ein Bild, welches einigermaassen an eine acinöse Drüse erinnert, wenn man die centrale Längsspalte des secundären Läppchens einem Aste des Ausführungsganges der acinösen Drüse parallelisirt. Dieselbe Formation wiederholt sich an den tertiären Läppchen: zu diesen stehen die secundären in demselben Verhältniss wie die primären zu letzteren — und schliesslich in analoger Weise an den Hauptlappen der Thymus.

Der Hohlraum in der Axe des primären Läppchens ist aber nicht etwa ein Kanal oder Ast eines solchen, wie es bei einem Ausführungsgange der Fall sein würde, sondern eine Bindegewebsspalte, die von Arterien, Venen, Lymphgefässen und Nervenstämmchen eingenommen und ausgefüllt wird. Auch

*) Afanassiew, Ueb. Bau u. Entwickelung d. Thymus- u. d. Winterschlafdrüse d. Säugeth., Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14 S. 343. 1877.

dies Verhalten wiederholt sich an allen grösseren Läppchen. Seine Farbe röthet sich mit stärkerer Füllung der Blutgefässe und ist gewöhnlich von derjenigen der Drüsensubstanz verschieden.

Jedes primäre Läppchen besteht aus einer kleinen Anzahl *Lymphfollikel*, Thymusfollikel, Drüsenkörner, Körner, die etwa 0,3—0,6 Durchmesser haben: kleinere sind im Innern der Drüse vorhanden. Sie gleichen in ihrem Bau ganz und gar anderen Lymphfollikeln, speciell denjenigen der Lymphdrüsen. haben keine Höhle in ihrem Innern, sondern werden vollständig von Blutcapillarnetzen und netzförmigem Bindegewebe durchzogen. Die centralen Maschen der Capillaren sind nicht grösser als die peripherischen, letztere aber von mehr länglicher, radiär gerichteter Form. Die Lymphkörperchen. von denen die übrigbleibenden Räume gefüllt werden, stimmen mit denjenigen der Lymphdrüsen überein.

Wie in den letzteren, sind die Thymusfollikel unvollständig gegen einander abgegrenzt. Nach aussen, an der freien Oberfläche des primären Läppchens werden sie freilich deutlich von einander gesondert — durch bindegewebige Septa, die sich von der Hülle des primären Läppchens zwischen sie eindrängen: am besten an gekochten und nachher in Alkohol gehärteten Thymusdrüsen erkennbar. Auf diese Art sind die nach aussen gekehrten Kuppen resp. Hälften der Lymphfollikel scharf geschieden: in der inneren Hälfte der Dicke der primären Läppchen dagegen lösen sich die Septa in ein feines Trabekelsystem auf, welches unmittelbar in das netzförmige Bindegewebe der Follikel übergeht. Die Form der Follikel ist eine ellipsoidische, in der Längsrichtung des Läppchens verlängerte. Es kommen auch einzelne isolirte Follikel von der angegebenen Grösse vor, die nicht mit anderen zu primären Läppchen vereinigt sind.

Blutgefässe. Die *Arterien* stammen aus der A. mammaria interna (kleine Zweige aus den Rr. tracheales der A. thyreoidea inferior), sie verlaufen zu beiden Seiten der Medianebene von Bindegewebe umhüllt in der Längsaxe der Drüse, senden seitliche Aeste zwischen die Läppchen und deren Zweige, vertheilen sich in den Follikeln von deren inneren, meistentheils zusammengeflossenen Polen aus. Indem jene Aeste die Längsaxe der primären Läppchen durchziehen, um die Follikel zu versorgen, werden sie von Bindegewebe umhüllt und dieses bildet nicht einen Strang, sondern ein der Längsrichtung des Läppchens folgendes Septum, das in aufgelockertem Zustande leicht für eine centrale Höhlung des Läppchens genommen werden kann.

Innerhalb der Follikel halten die stärkeren Capillaren einen vorwiegend radiären Verlauf ein, verbinden sich durch Queräste und bilden die schon erwähnten Maschennetze. Aus letzteren gehen venöse Capillaren hervor, setzen in radiärer Richtung durch die Follikelhülle und die an der Aussenfläche der primären Läppchen verlaufenden, in grösserer Anzahl als die Arterien vorhandenen *Venen* zusammen. Diese Anfangsvenen verlaufen also nicht mit den Arterien, wohl aber ist dies bei den etwas grösseren im interstitiellen Bindegewebe der Läppchen der Fall. — Das dichte Capillarnetz der Lymphfollikel endigt an deren Peripherie: mit der sparsamen Capillarverzweigung in der Lymphhülle resp. der Hülle des Organs finden nur wenige Anastomosen statt. Die grösseren Venen gehen zu den Vv. mammaria interna, thyreoidea ima; die Hauptstämme zu den Vv. anonyma.

Die Lymphgefässe der Thymus sind nur sehr unvollständig bekannt. Stärkere Stämme verlaufen auf der Hinterfläche der Thymus und münden in die Gl. mediastinae anteriores. Stämmchen von 0,2 Dicke, die deutliche Netze von glatten Muskelbündeln besitzen, sind, wenigstens bei dem Kalb, in einiger Entfernung von den entsprechenden Arterien und Venen zwischen den tertiären Läppchen leicht aufzufinden. Sie halten letztere noch zusammen, nachdem die Blutgefässe und das interstitielle Bindegewebe durch Präparation mit der Scheere getrennt wurden, sind meist mit isolirten Follikeln seitlich besetzt und wahrscheinlich öfters für Aeste eines Centralkanales gehalten worden. Lymphcapillaren wurden als Zweige jener Stämme zwischen die primären Läppchen verfolgt.

Nerven erhält die Gl. thymus mit den Blutgefässen; sie enthalten feine doppeltcontourirte Fasern und scheinen nur Gefässnerven zu sein. Sie stammen vom Plexus cardiacus und verlaufen mit den Aa. subclavia resp. mammaria interna.

Die Thymus nimmt nach der Geburt an Gewicht und Volumen zu und wird im Alter von 20—30 Jahren mitunter grösser als bei Kindern angetroffen (C. Krause, 1837); sie dürfte bei Unerwachsenen die Bildung weisser Blutkörperchen vermitteln. Nach dem zweiten Lebensjahre beginnt die Rückbildung: die Lymphkörperchen in den Follikeln werden sparsamer, diese und selbst die Läppchen undeutlicher, das Bindegewebe mehr fasrig; reichliche Fettzellen treten zwischen den Läppchen und Follikeln auf. Schliesslich wird im Alter das ganze Organ in eine bindegewebige Masse und Fettzellen umgewandelt. — Beim neugeborenen Kinde und später finden sich constant im Innern der Follikel, mitunter paarweise neben einer Blutcapillare, concentrisch geschichtete Körper, Hassall'sche Körperchen (Hassall, 1849) von verschiedener Grösse. Sie lassen sich (leicht durch H. Müller'sche Flüssigkeit, W. Krause) in platte polygonale kernhaltige concentrisch geschichtete Epithelialzellen zerlegen (Ecker, 1849); im Centrum enthalten sie einen oder mehrere fettglänzende rundliche Körper.

Bei ihrem ersten embryonalen Auftreten enthält die Thymus einen längslaufenden Centralkanal (Simon, 1845; Kölliker, 1852). An den Thymusrändern junger Katzen hat Remak (1843) inwendig von Flimmer-Epithel ausgekleidete Bindegewebssäcke gefunden und F. Arnold (1831) die Entstehung der Thymus als hohler Ausstülpung von der vorderen Luftröhrenwand behauptet. Reste eines solchen fötalen, doch wohl wie die Trachea mit Flimmer-Epithel ausgekleideten Kanales könnten jene Säcke sein und die auch bei Thieren vorkommenden Hassall'schen Körperchen als Ueberbleibsel metamorphosirter Epithelien gedeutet werden. Jedenfalls muss aber die eigentliche Drüsensubstanz, das Blutgefäss-haltige Follicnlargewebe im Gegensatz zu jenen embryonalen Resten als entwickelte Lymphscheide wie in den Lymphdrüsen (S. 355) betrachtet werden.

Die Kalbsthymus unterscheidet sich in einigen Punkten von der menschlichen. Ihre primären Läppchen sind etwas grösser, sie enthalten bis zu 50 Follikel (His, 1862). Jeder Follikel zeigt an Alkoholpräparaten, die mit Nelkenöl und Canadabalsam durchsichtig gemacht wurden, eine kuglige centrale oder etwas excentrisch gelegene Höhlung, von welcher ein radiärer Spaltraum nach der Aussenfläche des Follikels führt. An der Innenwand dieses nur von Lymphkörperchen und Lymphe gefüllten Hohlraumes biegen die Capillaren schlingenförmig um (His, 1861), bilden enge die Höhlung begrenzende Maschen. Ferner verlaufen die Arterien mit den Venen vereinigt im Bindegewebe zwischen den Follikeln. Diese Verschiedenheiten hängen vielleicht damit zusammen, dass die Follikel beim Kalbe grösser, schärfer begrenzt und von mehr fasrigem Bindegewebe umhüllt sind. — Primäre Läppchen und Lymphfollikel scheinen bei den verschiedenen Säugern öfters verwechselt worden zu sein, worauf auch die angeführten Synonyma hinweisen. — Die äussere Oberfläche der Hülle erscheint an der Hundethymus stellenweise von einschichtigem Endothel bekleidet, wenn nämlich das parietale Blatt des Pericardium daran geblieben ist. — Die Thymusdrüse des Kaninchens wird wenigstens während des Winters (W. Krause, 1868) von einem Gewebe umhüllt, welches jenem der *Winterschlafdrüsen*, z. B. beim Murmelthier, gleicht. Letztere bestehen nämlich nicht aus Lymphfollikeln, sondern aus einem Capillarnetz, einem in dessen Maschen ausgespannten feinen Fasernetz und eingelagertem Fett (Frey und Hirzel, 1862). — Die Thymus des Frosches soll nach Fleischl (1870) Ganglienzellen und mit ihnen in Verbindung stehende zahlreiche Nervenfasern enthalten. Es war jedoch W. Krause (1872) unmöglich, in der Substanz der Drüse auch nur eine einzige dunkelrandige Nervenfaser nachzuweisen. Die Trabekeln enthalten Capillargefässe. — Die Thymus scheint allen Wirbelthieren zuzukommen.

Lymphe und Chylus.

Die *Lymphe*, *Lympha*, von welcher die meisten Saugadern angefüllt werden, ist eine dünne, klare, farblose oder schwach weisslich getrübte, klebrige Flüssigkeit, aus welcher beim Gerinnen ein sehr kleines, weisslich durchsichtiges Gerinnsel von Faserstoff sich absetzt. Sie ist der Blutflüssigkeit sehr ähnlich, jedoch mit dem Unterschiede, dass sie nur eine bei weitem geringere Anzahl von *Lymphkörperchen*, *Corpuscula lymphae*, Lymphzellen, suspendirt enthält: 8200 auf 1 Cub. Mm. (Ritter, 1862, beim Hunde). Dies sind in jeder Beziehung mit den weissen Blutkörperchen übereinstimmende und identische Leukoblasten, unter welchen dieselben Arten, wie bei den letzteren (S. 333), zu unterscheiden sind. Nur sind solche Zellen, deren einfacher Kern durch intensivere Essigsäure-Einwirkung sich einmal oder mehrfach einschnürt und spaltet, seltener als im Blute. Ausserdem finden sich in der Lymphflüssigkeit, die nach Abzug der Lymphkörperchen auch wohl als *Lymphserum* bezeichnet zu werden pflegt, noch kleinere Fettkörnchen, von unmessbarer Feinheit bis 0,0015 Durchmesser vor.

Der *Chylus*, Milchsaft, findet sich während der Verdauung in den Lymphgefässen des Dünndarms und Mesenterium, die deshalb auch Chylusgefässe genannt werden, ferner in den Mesenterialdrüsen, dem Truncus lymphaticus intestinalis und dem Ductus thoracicus, aus welchem sich Chylus und Lymphe in die V. anonyma sinistra ergiessen. Ausser der Zeit der Verdauung führen die genannten Abtheilungen des Lymphgefässsystems Lymphe und wässrige aus dem Darmkanal resorbirte Flüssigkeit. Der Milchsaft gerinnt ausserhalb der Gefässe und setzt ein sehr kleines, weiches, flockiges oder hautähnliches, fetthaltiges Gerinnsel ab.

Seine weisse Farbe und Undurchsichtigkeit verdankt der Chylus den stärker lichtbrechenden und daher auffallendes Licht reflectirenden Fetttröpfchen, *Chyluskörnchen*, Elementarkörnchen, die in ausserordentlich grosser An-

zahl und in allen Durchmessern von unmessbarer Kleinheit bis 0,04 Durchmesser (Chyluskügelchen) in ihm suspendirt sind. Ausserdem sind Lymphzellen darin vorhanden: sowohl in den Vasa afferentia der Mesenterialdrüsen und schon unmittelbar am Darm, als in deren Vasa efferentia. — Die Lymphkörperchen des Chylus pflegen vermöge ihrer Contractilität mehr oder weniger zahlreiche Fetttröpfchen in ihr Protoplasma aufgenommen zu haben.

Rothe Blutkörperchen enthält weder der Inhalt des Ductus thoracicus, noch die Lymphe in den Stämmen, wenn beide Flüssigkeiten ohne Verunreinigung gewonnen wurden und in der Todesursache (namentlich bei Thieren) kein Anlass zu Blutextravasaten in den zugehörigen Körper-Abschnitten gegeben war.

Das spec. Gewicht der Lymphe beträgt vielleicht 1,017 (Nasse, 1845). Die Menge der täglich durch den Ductus thoracicus in das Blut gelangenden Lymphe ist eine unerwartet grosse und (beim Hunde, W. Krause, 1856, unter Ludwig's Leitung) auf 20—25 % des Körpergewichts bestimmt, während die Gesammtblutmenge nur 7—8 % beträgt.

Entstehung der Lymphe. Es ist die Frage, woher die Lymphkörperchen stammen, die auf diesem Wege ins Blut geführt werden. Nach der anatomischen Sachlage (S. Lymphcapillaren) ist es als gewiss anzusehen, dass auch im normalen Zustande die Lymphkörperchen des Blutes durch die Stomata der Capillargefässe auswandern, die Saftkanälchen als Wanderzellen durchkriechen, in die Anfänge der Lymphgefässe, Lymphcapillaren und Lymphspalten gelangen und dann in den Stämmchen weiter geführt werden. Die Ueberwanderung ist beim Frosche im Mesenterium (Hering, 1867), sowie in der Zunge (Thoma, 1873) direct verfolgt worden. Lymphkörperchen sind beim Rinde in Lymphgefässstämmchen des Samenstranges (Kölliker, 1859) und der Extremitäten (Teichmann, 1861) aufgefunden worden, die sicher durch keine der bisher bekannten Lymphdrüsen gegangen waren — wenn man von den an Fingergelenken vermutheten (S. 357) absieht. Es ist dabei zu bemerken, dass die Zwischenzellen (S. 264) im interstitiellen Bindegewebe der Samenkanälchen [wie andere Perithelzellen] keine Aehnlichkeit mit Lymphkörperchen haben, und nicht etwa als Quelle von solchen in der Hodenlymphe angesehen werden können. Dagegen fand Ludwig (1863) in reiner Lymphe des Hodens oder der Gesichtshaut vom Hunde niemals Zellen, ebensowenig His (1862) in derjenigen von der Schilddrüse und Leber, während Hering (1867) in letzteren zahlreiche Körperchen beobachtete. In den oberflächlichen Lymphgefässen der Milz und auch in der Hodenlymphe sind sie sparsam. Es ist also wohl anzunehmen, dass je nach Umständen die Lymphkörperchen zahlreicher oder sparsamer oder zeitweise gar nicht überwandern. Da die Lymphe der Vasa efferentia, wie schon ohne Zählung ersichtlich, viel reicher an Lymphkörperchen ist, als die der Vasa afferentia, so müssen entweder in Lymphdrüsen, resp. in deren Lymphfollikeln und Folliculargewebe Lymphkörperchen gebildet werden oder die Lymphe muss, während sie durch die Drüse hindurch filtrirt, eines Theiles ihres Wassergehalts durch Resorption beraubt, mithin concentrirter werden. Nun sind die in den Geweben, speciell in den Saftkanälchen, enthaltenen Flüssigkeiten ohne Zweifel den Transsudaten seröser Häute in ihrer Zusammensetzung sehr ähnlich, wenn nicht damit nahezu identisch; letztere aber ergeben sich viel ärmer an festen Bestandtheilen (z. B. 1,7 %), als die Lymphflüssigkeit, die 4—6 % enthält. Man könnte daher vermuthen, dass in den Lymphdrüsen Resorption von Wasser aus der zugeführten Lymphe und Wegführung des ersteren durch die im Verhältniss zu den Arterien ungewöhnlich weiten Lymphdrüsen-Venen stattfinde, womit die Anhäufung von Lymphkörperchen im Folliculargewebe und der relative Zellenreichthum der Vasa efferentia erklärt sein würde. Hierfür könnte noch angeführt werden, dass es einer Anzahl Forscher trotz vieler Aufmerksamkeit (z. B. Cohnheim, 1867; v. Recklinghausen, 1869; Frey, 1874) nicht oder ganz ausnahmsweise geglückt ist, in normalen Lymphdrüsen, resp. an ausgewanderten Körperchen unzweifelhafte Theilungen der Zellen selbst nachzuweisen, die doch vermuthlich in ziemlicher Anzahl vorhanden und bei dem Bau der Drüsen und grossen Anzahl ihrer Zellen (S. 345) leicht zu finden sein müssten. Dass von einer Zellen-Entstehung durch freiwilligen Zusammentritt von Körnchen oder Beweglichwerden der erstarrten multipolaren Inoblasten des reticulären Folliculargewebes jetzt nicht mehr die Rede sein kann, versteht sich von selbst; auch endogene Lymphkörperchen-Zeugung (Virchow, 1858) ist in normalen Lymphdrüsen nicht vorhanden.

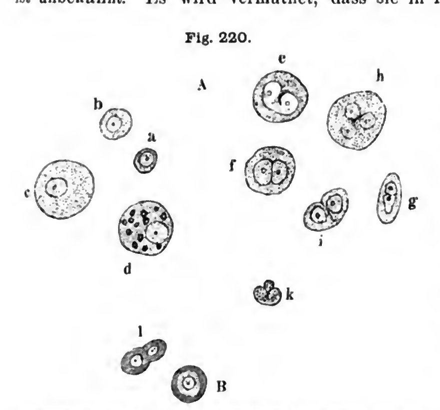
Verwirft man die Hypothese einer Resorption von Wasser mittelst der Blutcapillaren, so bleibt nur die Annahme von Zellentheilungen im Innern der Drüsen zur Erklärung des grösseren Zellenreichthums der Vasa efferentia übrig. Dafür spricht das Vorkommen von eingeschnürten Kernen (Fig. 220 *e*), von Zellen mit zwei planconvexen Kernen (*f*) oder mit drei Kernen (*h*), von eingeschnürten Zellen mit zwei Kernen (*i*), die sämmtlich auch in indifferenten Zusatzflüssigkeiten, resp. absolut frischer Lymphe angetroffen werden. Freilich darf aus den (S. 333) angeführten Gründen nicht jede nach Säure-Zusatz sichtbare Kern-Einschnürung (Fig. 220 *k*) als ein Zellentheilungsstadium angesehen werden; und es ist zu bedenken, dass bei der grossen Beweglichkeit und Neigung zu amöboiden Bewegungen dieser Zellen auch die unzweifelhaft vorkommenden Zellen-Einschnürungen (Fig. 220 *i*), heutzutage nicht mehr ohne Weiteres als Beweis einer Theilung angesehen werden können, da sie eben so wohl Ausdruck einer zufälligen, vom Lymphkörperchen während seiner amöboiden Bewegungen angenommenen (Clason, 1868) und im Moment seines Todes behaupteten Form sein mögen. Immerhin ist doch die Vermehrung von Zellen durch Theilung ein allgemeines Naturgesetz, und die Bedingungen dafür während des Stagnirens innerhalb des engmaschigen reticulären Bindegewebes der Lymphfollikel für die zarten Zellen wahrscheinlich günstiger, als während des raschen Fortgerissenwerdens im Blut- oder Säftestrom, obgleich ähnliche Zellentheilungsformen, nämlich Lymphkörperchen mit zwei Kernen, solche mit Theilungsformen von Kernen und eingeschnürte, selbst in Zweitheilung begriffene Zellen in den Vasa efferentia der Mesenterialdrüsen (Kölliker, 1852) beobachtet, und gelegentlich solche in der Lymphe, im Ductus thoracicus und im Blutplasma selbst gesehen worden sind. In letzterem beobachtete Ranvier (1875, beim Axolotl) mittelst der feuchten Kammer Kern- und darauf folgende Zellen-Theilung amöboid sich bewegender Lymphkörperchen direct, wozu etwa drei Stunden erforderlich waren (Vergl. S. 20). In jedem Fall muss dieser Vorgang — wegen der grossen Seltenheit von Theilungsformen — sehr rasch ablaufen, was nach den Erfahrungen bei der Dotterfurchung (S. 18) auch nichts Auffallendes hat.

Schreibt man nach dem Gesagten den Lymphfollikeln die Function zu, den wässrigen Gewebssaft durch Resorption in normale concentrirte Lymphe umzuändern und den Lymphkörperchen einen zeitweiligen Aufenthaltsort zu gewähren, an welchem Ruhepunkt ihrer Bahn sie sich theilen können, so ist damit nicht ausgeschlossen, dass vereinzelte und namentlich innerhalb des Folliculargewebes bereits eingeleitete Theilungen in der Blut- und

Lymphströmung selber vorkommen, resp. sich vollenden mögen. — Wie die Zunahme der weissen Blutkörperchen im Blut nach Nahrungsaufnahme erklärt werden könne, wurde bereits (S. 343) angedeutet.

Die **Lebensdauer** der Lymphkörperchen oder weissen Blutkörperchen ist unbekannt. Es wird vermuthet, dass sie in rothe sich verwandeln, und hierfür ist jedenfalls das rothe Knochenmark (S. 70 und 334) der Ort, wo diese Umwandlung, von der Fig. 220 *B* ein Uebergangsstadium zeigt, mit Leichtigkeit und an zahlreichen Exemplaren zu beobachten ist. Aehnliche Formen sollen auch im Inhalt des Ductus thoracicus, sowie in der Milz (wenigstens der des Schweines, E. Neumann mit Freyer, 1872) vorkommen, wobei jedoch der Verdacht auf pathologische Vorkommnisse nicht ausgeschlossen ist. Auch im Milzvenen-, Pfortader- und arteriellen Blute finden sich vereinzelte Uebergangsformen bei Embryonen und neugeborenen Kindern, sowie im Venenblut der Schädelknochen beim erwachsenen Schwein (Freyer). Für die Bedeutsamkeit des Knochenmarks in der angedeuteten Hinsicht spricht noch die rasche Resorption von Giften aus demselben (Ollier, 1865). — Die embryonalen Theilungsformen von rothen Blutkörperchen (S. 334) lassen sich beim Erwachsenen nicht mehr nachweisen; zuweilen aber sind, z. B. in den Lymphdrüsen junger Säugethiere, rothe längliche Zellen mit zwei Kernen (Fig. 220 *l*) anzutreffen, die im Knochenmark sich aus Lymphkörperchen hervorgebildet haben und in den Lymphgefässen zur nächsten Lymphdrüse weitergewandert sein mögen. — Was die Milz betrifft, so weisen vielleicht die vierfach knospenden Kerne (Fig. 7. S. 19) auf eine rasche Vermehrung von Leukoblasten in derselben hin. Da schwerlich ein jedes weisse Blutkörperchen Aussicht hat, einmal ins Knochenmark zu gerathen, so ist es wahrscheinlich, dass eine Anzahl derselben durch Zerfall der Kerne und Zellen selbst in Körnchen bereits in der Blutbahn zu Grunde geht, wofür sich directe Beobachtungen solchen Zerfalles anführen lassen.

Fig. 220.



A Aus dem Saft einer Gl. lymph. inguinalis des Kaninchens. Frisch mit Serum. V. 900. *a* Kleines Lymphkörperchen mit wenig Protoplasma; *b* von mittlerer Grösse mit Kern und Kernkörperchen. *c* Grosses Lymphkörperchen. *d* Körnchenzelle mit Fettkörnchen und Kern *e* Lymphkörperchen mit eingekerbtem Kern. *f* und *g* mit zwei aus Theilung hervorgegangenen Kernen. *h* mit drei Kernen. *i* Die Zelle selbst in Theilung begriffen. *k* Kern eines Lymphkörperchens in dreifach gekerbtem Zustande nach Einwirkung von 33%iger Essigsäure isolirt. *l* Rothes Blutkörperchen mit zwei Kernen. *B* Aus dem Knochenmark der Tibia eines jungen Kaninchens, mit Serum. V. 900. Markzelle mit Kern und gelbem aus Hämoglobin bestehendem Rande.

Nervensystem.

Das Nervensystem besteht aus einem grösseren, theils eiförmigen, theils cylindrischen, in der Schädel- und Rückgratshöhle eingeschlossenen Organe, dem *Gehirn* und dem *Rückenmark:* — und aus einer grossen Anzahl durch den ganzen Körper vertheilter, weicher, weisser Fäden und Stränge, den Nerven, nebst zahlreichen rundlichen, mit den Nerven verbundenen Körpern, den Nervenknoten oder *Ganglien.* Das Hirn und Rückenmark bilden den Mittelpunkt, den Centraltheil oder die *Centralorgane* des ganzen Nervensystems, im Gegensatze zu den Nerven und Ganglien, welche im Allgemeinen der Oberfläche des Körpers näher liegen, und daher als peripherischer Theil oder *peripherisches Nervensystem* bezeichnet werden. Letzteres zerfällt in zwei Abtheilungen: die *cerebrospinalen Nerven*, Hirn-Rückenmarksnerven, Nervi encephalo- s. cerebro-spinales, und das *sympathische Nervensystem* oder Gangliensystem, Systema gangliosum. An dem peripherischen Nervensystem werden drittens die nur theilweise genauer bekannten *Nerven-Endigungen* unterschieden.

Alle diese Theile bestehen der Hauptsache nach aus der weichen, breiartig-zähen, wenig elastischen Nervensubstanz, *Substantia nervea,* oder Nervengewebe, Tela nervea, die aber nicht überall dasselbe Ansehen hat. Der grösste Theil der Nervensubstanz ist von rein weisser, nicht glänzender Farbe: man nennt sie *weisse Nervensubstanz* oder Markssubstanz, Substantia medullaris s. alba. Ein anderer Theil ist von etwas weicherer Consistenz und von rein aschgrauer oder grauröthlicher Farbe; d. i. die *graue Nervensubstanz*, Substantia cinerea. Abarten der letzteren, welche in geringer Menge an einzelnen Stellen vorkommen, werden als gallertartige Nervensubstanz, Substantia gelatinosa, von hellgraugelblicher durchscheinender Färbung, und als rostfarbige rothbraune, rothgelbgraue oder orangefarbige, und schwärzliche Substanz — Substantia ferruginea, nigra — bezeichnet. Die microscopischen Elemente, von welchen diese Substanzen, und somit die gröberen Theile des Nervensystems überhaupt, zusammengesetzt werden, sind theils Fasern oder Fibrillen, theils Ganglienzellen — soweit sie nervöser Natur sind, d. h. Empfindungen, Vorstellungen, Bewegungen vermitteln.

Das Encephalon, und vorzugsweise das grosse Gehirn, ist das Seelenorgan, der Sitz aller geistigen Thätigkeiten: das Rückenmark und die Nerven sind leitende Organe, durch welche jenes mit allen Theilen des Körpers in Verbindung gesetzt wird. Diese Leitung geht in den Cerebrospinalnerven in zwei verschiedenen Richtungen, centripetal von den Organen zum Hirn, und centrifugal von dem Hirn zu den Organen hin, vor sich: für jede Art von Leitung sind besondere Nervenfasern bestimmt. Die von den Organen zum Hirn leitenden Fasern sind die *sensiblen Nervenfasern,* Empfindungsnervenfasern, Fibrae nerveae sensitivae: sie pflanzen den Eindruck, den sie durch eine Erregung während ihres Verlaufs oder nament-

lich ihrer peripherischen Endigungen erfahren, bis zum Hirn fort, erregen daselbst eine Vorstellung von der Erregung, und verleihen auf solche Weise den Theilen, in welchen ihre peripherischen Enden verbreitet sind, die Empfindlichkeit, Sensibilität: — entweder eine allgemeine Empfindlichkeit für mehrere verschiedene Arten von Erregungen: *einfach sensible Nerven*; oder eine beschränkte eigenthümliche Empfindlichkeit für Erregungen ganz besonderer Art, z. B. für das Licht, den Schall, u. a. Dies sind die *Sinnesnerven, sensuelle Nerven.* Der grösste Theil dieser Empfindungsfasern, namentlich der Träger und Leiter der allgemeinen Empfindlichkeit, sammelt sich in den *hinteren Wurzeln* des Rückenmarks (resp. den homologen Hirnnerven, s. letztere), welches als ihr Ursprungsorgan anzusehen ist. — Die vom Hirn zu den Organen leitenden Fasern gehen nur zu den Muskeln und reizen diese zu Zusammenziehungen, wodurch Bewegungen erfolgen; diese werden daher *motorische Nervenfasern,* Bewegungsnervenfasern, Fibrae nerveae motoriae, genannt. Ein grosser Theil der Bewegungsnervenfasern agirt nur als Leiter des Willens und bringt unter gewöhnlichen Umständen nur freiwillig-willkürliche Bewegungen zu Stande; dieser hat seinen Sammelpunkt oder Ursprung in den *vorderen Wurzeln* des Rückenmarks und deren Homologen im Encephalon.

Das spec. Gewicht der Nerven beträgt 1,034—1,038; ist viel Bindegewebe beigemischt, wie im N. ischiadicus, nur 1,028.

Nervengewebe.

Die *Nervenfasern,* Fibrae nerveae, müssen von den *Nerven-Fibrillen* oder Fibrillen schlichtweg, unterschieden werden. Meistens wurden beide Bezeichnungen bisher synonym gebraucht. Die letztgenannten sind entweder marklose oder markhaltige Fibrillen.

Nervenfibrillen.

Marklose Nervenfibrillen, *Primitivfibrillen,* blasse oder einfach-contourirte Nervenfibrillen, Axenfibrillen, Einzelfibrillen, sind sehr zart und blass, ohne doppelte Contouren, und erst bei 600—800maliger Vergrösserung deutlich erkennbar. Sie kommen, isolirt verlaufend, in den Centralorganen (Fig. 221 *p*), sowie an vielen Orten in Nerven-Endigungen vor; in ersteren färben sie sich dunkel mit Goldchloridkalium, haben alsdann eine rauhe Oberfläche und einen gestreckten Verlauf; theilen sich wiederholt dichotomisch und bilden ein dichtes Netz, in welchem sie sich (wahrscheinlich immer) nur durchkreuzen, ohne mit benachbarten Fibrillen zu anastomosiren. In Jodserum, 5 $^0/_0$igem molybdänsaurem Ammoniak, 0,1 $^0/_0$igem doppeltchromsaurem Kali, 0,005—0,01 $^0/_0$iger Chromsäure und 0,1—0,5 $^0/_0$iger Osmiumsäure sind sie ebenfalls isolirbar und zeigen dann rosenkranzförmige Anschwellungen: *Varicositäten.* Letztere werden zur Erkennung benutzt: es bieten jedoch bei denselben Methoden auch Mucinfasern, manche Zellenfortsätze u. s. w. ebenso regelmässige Anschwellungen dar. Daher ist eine sichere Diagnose nur möglich durch Nachweisung: entweder des Zusammenhanges mit Ganglienzellen, resp. mit unzweifelhaften stärkeren Nervenfasern, oder auf chemischem Wege durch das erwähnte Verhalten gegen Goldchlorid. — Etwas dickere marklose Fibrillen zeigen öfters eine leichte Längsstreifung, z. B. in der Opticusfaserschicht der Retina; es ist wahrscheinlich, dass solche

nicht als dickere Fibrillen, sondern als feinste Fibrillenbündel, wie die Terminalfasern, zu betrachten sind.

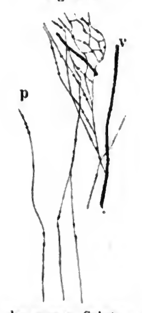


Fig. 221.

Aus der grauen Substanz des Rückenmarks nach Behandlung mit chromsaurem Ammoniak und Goldchloridkalium. V. 1000. *p* isolirte Primitivfibrillen. *v* Markhaltige Nervenfibrille.

Primitivfibrillen finden sich ausser in der grauen Substanz der Centralorgane auch an peripherischen Ausbreitungen der Nerven, namentlich der Sinnesnerven: an den letzteren werden sie als *Endfibrillen* bezeichnet.

Markhaltige Nervenfibrillen, feinste varicöse Nervenfasern, doppeltcontourirte Nervenfibrillen, Primitivfibrillen mit Markscheide, beobachtet man ebenfalls in den Centralorganen. Ihr Durchmesser ist so gering, dass der von marklosen Nervenfibrillen nur um sehr wenig übertroffen wird (Fig. 221 *v*). Sie färben sich mit Osmiumsäure schwarz, zeigen unter diesen Umständen, sowie im frischen Zustande ohne Zusatz untersucht, ebenso bei Behandlung mit Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien bei sehr starken Vergrösserungen doppelte Contouren und (ebenfalls doppeltcontourirte) Varicositäten. Diese Eigenschaften beruhen auf dem Vorhandensein von *Nervenmark* (S. 366): die doppeltcontourirten Nervenfibrillen sind als marklose Primitivfibrillen zu betrachten, die secundär mit einem Cylindermantel von Nervenmark, einer Markscheide, sich umgeben haben.

Nervenfasern.

Die Nervenfasern sind ihrem Wesen nach Bündel von marklosen Nervenfibrillen, welche von secundären Umhüllungen zusammengehalten werden. Sie zerfallen in zwei Gruppen, je nachdem sie bequem erkennbares Nervenmark besitzen oder nicht.

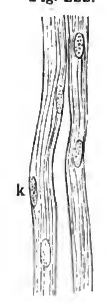


Fig. 222.

Zwei Nervenfasern des N. olfactorius aus der Nasenschleimhaut, frisch, ohne Zusatz. V. 800. *k* Kern des Neurilems.

Die **Terminalfasern,** freie oder nackte Axencylinder, sind dünne, mitunter platte Bündel parallelgelagerter Primitivfibrillen, die keine weitere, ihnen selbst angehörende Umhüllung zu besitzen pflegen. Solche finden sich in den Nervenendigungen, z. B. motorischen Endplatten, Endkolben etc. Jedoch kann eine sehr dünne, nur bei starken Vergrösserungen erkennbare Umscheidung mit Nervenmark hinzukommen: Vater'sche Körperchen, Tastkörperchen (Fig. 228) etc.

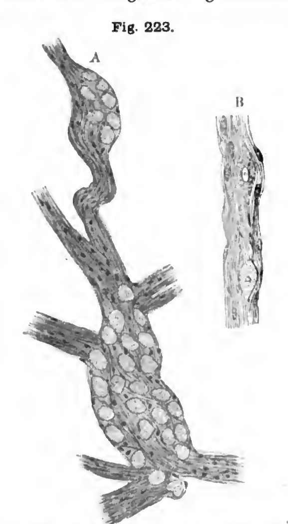
Einfach-contourirte Nervenfasern sind nicht-doppeltcontourirt: in dem Sinne, dass sie niemals doppelte, vom Nervenmark herrührende, dunkle Ränder zeigen. Sie sind also stets marklos, besitzen aber eine besondere, äussere, mit längsgestellten platten, ovalen Kernen versehene, anscheinend structurlose Scheide, das *Neurilem*, Nervenscheide, Bindegewebsscheide der Nervenfaser selbst. Folgende Unterabtheilungen sind erkennbar.

Die **Olfactoriusfasern,** deren Verlauf (S. 179) beschrieben wurde, erscheinen als breite, etwas abgeplattete, von kernhaltigem (Fig. 222 *k*) Neurilem

umgebene blasse Nervenfasern, deren jede als ein Bündel paralleler, durch gemeinschaftliche Scheide zusammengehaltener, feinster Primitivfibrillen betrachtet werden muss. Diese Zusammensetzung ergibt die Behandlung mit Reagentien unzweifelhaft.

Blasse Nervenfasern, Remak'sche Fasern, Knötchenfibrillen (C. Krause), graue, gangliöse, sympathische, organische, gelatinöse Nervenfasern, kernführende blasse Nervenfasern, Axencylinder mit Schwann'scher Scheide oder Neurilem, sind viel dünner als die Olfactoriusfasern. Sie bestehen aus einer festeren, nicht doppeltcontourirten, marklosen Nervenfaser, die in ihrem chemischen Verhalten im Allgemeinen einem Axencylinder (S. 366) gleicht. Nur schwierig ist unter den stärksten Vergrösserungen und Behandlung mit Reagentien eine Längsstreifung nachzuweisen, welche als Ausdruck ihrer Zusammensetzung aus dicht an einander gefügten Primitivfibrillen anzusehen ist. Die Umhüllung bildet kernhaltiges Neurilem, dessen Kerne an Faserbündeln (Fig. 223 *A*) in ziemlich regelmässigen Abständen auftreten.

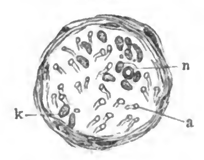
Fig. 223.



A Zwei kleinere Ganglien im interstitiellen Bindegewebe der Gl. submaxillaris des Igels. Nach 24stündigem Einlegen der frischen Drüse in 3%ige Essigsäure. V. 120. Zu dem vielstrahligen Ganglion treten sechs Stämmchen blasser Nervenfasern; das kleinere Ganglion ist in Wahrheit linsenförmig dem Nervenstamm angelagert, wie sich durch Verschieben des Focus herausstellt. Die Anzahl der Ganglienzellen ist also in der That viel grösser, als sie die bei einer bestimmten Focusstellung angefertigte Zeichnung ergibt. *B* Kleines Nervenstämmchen aus dem submucösen Bindegewebe des Dünndarms ebenso dargestellt, mit zwei eingelagerten Ganglienzellen, von denen die bei *B* deutlich bipolar ist. V. 350/190.

In ganz frischem Zustande ohne Zusatz untersucht sind diese Nervenfasern sehr blass, sehr fein granulirt, undeutlich längsstreifig. Sie füllen ihre Neurilem-Scheide vollständig aus. Erst nach Behandlung mit verdünnten Säuren, wobei die Substanz der Nervenfaser schrumpft oder gerinnt, das Neurilem aber sich abhebt, tritt letzteres als weit abstehende Scheide, auf Querschnitten (Fig. 224), als helle gequollene Zwischensubstanz hervor. Nach Zusatz von sehr verdünnter Natronlauge zum frischen Präparat

Fig. 224.

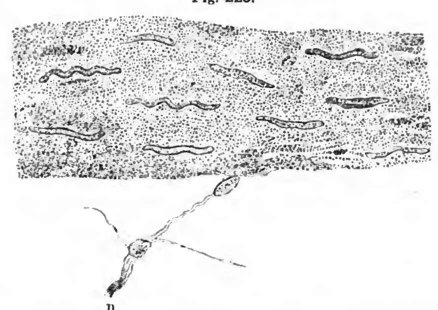


Stämmchen blasser Nervenfasern aus der Adventitia der Tuba Falloppiae. Maceration in 2%iger Essigsäure; Querschnitt. V. 600/380. *k* Kerne des Neurilems. *n* Querschnitt einer doppeltcontourirten Nervenfaser. *a* Querschnitte der blassen Nervenfasern, die sich in die Tiefe fortsetzen.

sind sie als feine mattglänzende Linien noch wahrzunehmen (W. Krause, 1861). Hieraus scheint zu folgen, dass die blassen Nervenfasern einen Nervenmark-ähnlichen fettigen Bestandtheil in sich enthalten und keineswegs nur aus eiweissartiger Substanz bestehen. Gleichwohl pflegt man den nach Säure-Behandlung auftretenden fibrillären Strang als *Axencylinder* zu bezeichnen.

Blasse Endfasern. An den Nervenendigungen kommt es manchmal vor, dass dunkelrandige Nervenfasern den Charakter von blassen annehmen. resp. in marklose, von Neurilem umgebene Primitivfibrillenbündel übergehen. Am auffälligsten, d. h. über eine weite Strecke sich ausdehnend, verlaufen solche blasse Nervenfasern in der Substanz der Cornea selber, ferner kommt dies Verhalten vielfach in der äusseren Haut und in Schleimhäuten kleiner Säugethiere und Amphibien, auch in den glatten Muskeln u. s. w. vor. Solche von Neurilem umgebene feine blasse Nervenfasern werden Endfasern genannt — sie sind nicht mit den eigentlichen Terminalfasern (S. 364) zu verwechseln, die niemals Neurilem besitzen. Wird die blasse Endfaser unter wiederholten Theilungen sehr fein, so ist sie deshalb noch nicht als Nervenfibrille zu betrachten, so lange sie von kernhaltigem Neurilem bekleidet wird: es dürften wirkliche mit letzterem umgebene Fibrillen nicht vorkommen, sondern solche Fasern stets als kleinste Fibrillenbündel sich herausstellen. Es kann aber an Säure-Präparaten, wenn das Neurilem nicht deutlich ist, leicht der Anschein entstehen (Fig. 225), als wären die Kerne des Neurilems in die Substanz der Nervenfaser selbst eingelagert.

Fig. 225.



Bündel von glatten Muskelfasern aus der äusseren Schicht der Harnblase vom Kaninchen nahe der Eintrittsstelle des Ureters, nach 24 stündiger Maceration in 1 %iger Essigsäure. V. 800/470. *n* blasse Nervenfasern mit Neurilemkernen, von denen eine am Rande des Muskelbündels sich verliert.

Markhaltige Nervenfasern. Sie sind sämmtlich doppeltcontourirt und lassen sich in drei Unterabtheilungen bringen.

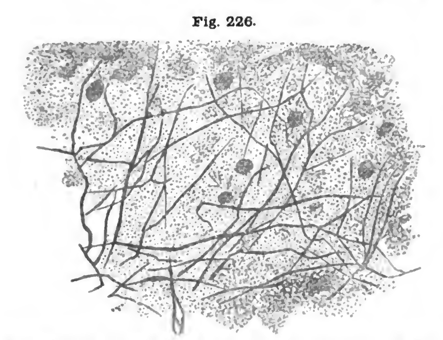
Varicöse Nervenfasern kommen, zu Bündeln vereinigt, in der weissen Substanz der Centralorgane vor, die sie fast ganz zusammensetzen. Einzeln verlaufend (Fig. 227 *A*) oder in kleinen Bündeln auch in der grauen Substanz. Es sind Primitivfibrillenbündel, die von *Nervenmark*, *Myelin*, *Markscheide*, nicht aber von Neurilem umgeben werden; das Fibrillenbündel wird als *Axencylinder*, Cylinder axis, Primitivband, Axenschlauch, Primitivschlauch, bezeichnet. Ersteres ist eine bei Körpertemperatur in flüssigem Zustande befindliche fettige, wesentlich aus Cerebrin und Lecithin bestehende Substanz, letzterer ein in Wasser aufgequollener axialer Strang, der durch Reagentien sichtbar wird, sobald eine Gerinnung des Nervenmarks und des Axencylinders eingetreten ist. Derselbe wird dadurch in seinem Dickendurchmesser ver-

kleinert, sein Querschnitt häufig oval, oder nierenförmig gebogen, seine Beschaffenheit eine festere. Das Nervenmark aber gerinnt zu Tropfen und krümligen Massen, die sich durch ihre doppelten Contouren, starkes Lichtbrechungsvermögen und Resistenz gegen Säuren, Alkalien etc. auszeichnen. Diese *Myelintropfen* (Fig. 227 *A*, *c*) bilden allerlei unregelmässige, manchmal sehr wunderliche Figuren, da das Cerebrin mit Wasser aufquillt. Sie ziehen sich zu langen varicösen Fäden aus, fliessen öfters zusammen und zeigen dann concentrische Schichtung. Ihre microchemischen Reactionen stimmen mit denen markhaltiger Nervenfasern selbst überein.

Im lebenden Zustande ist die doppeltcontourirte varicöse Nervenfaser weder varicös noch doppeltcontourirt. Die Innencontour des dunkeln Randes fällt nämlich allmälig nach innen ab: nicht plötzlich und scharf markirt, wie sie fast immer zu Gesicht kommt, da es nicht an jeder Stelle leicht ist, lebende Nervenfasern zu studiren. Da nun das Myelin flüssig, ein Neurilem aber nicht vorhanden ist, so muss eine andere Zwischenmasse in der weissen Substanz der Centralorgane etc. existiren, welche das Zusammenfliessen benachbarter doppeltcontourirter Nervenfasern hindert. Dies thut das Bindegewebe der weissen Substanz der Centralorgane (S. 397); es besteht aus Inoblasten sehr zarter Natur, deren Ausläufer ein dichtes Netzwerk bilden und ein Hohlröhrensystem zwischen sich lassen, in welchem die Nervenfasern stecken. Wird dieses zarte Bindegewebe zerstört, wie es durch den bei der Präparation im frischen Zustande unvermeidlichen Zug und Druck regelmässig geschieht, so bilden sich, wie in jeder zähflüssigen Substanz, nach physicalischen Gesetzen Varicositäten, was natürlich auch von denjenigen an markhaltigen Nervenfibrillen (S. 364) Geltung hat. Zugleich gerinnt das Nervenmark und der Axencylinder.

Ist aber durch zweckmässige Erhärtung vorgebeugt, so sind weder die sog. varicösen markhaltigen Fibrillen, noch die varicösen Nervenfasern (Fig. 226), mit jenen Rosenkranz-ähnlichen Anschwellungen versehen, welche ihnen diesen Namen verschafft haben.

Fig. 226.



Graue Substanz des Rückenmarks mit chromsaurem Ammoniak und Goldchloridkalium behandelt. V. 1000/800. Die feineren dunkeln Linien sind markhaltige Nervenfibrillen, die etwas stärkeren sind feine doppeltcontourirte Nervenfasern. Die Neuroglia erscheint granulirt, ihre Kerne dunkel.

C. Krause zeigte schon 1834, dass sehr vorsichtig, frisch und ohne Zusatz untersuchte Nervenfasern der Centralorgane nicht varicös sind.

Man unterscheidet *starke* (meistens motorische) und *feine* (theilweise sensible) doppeltcontourirte varicöse Nervenfasern der Centralorgane. Letztere Fasern sind nicht mit dunkelrandigen Nervenfibrillen (S. 364) zu verwechseln: sie widerstehen eine Zeit lang der Natronlauge; Fibrillen thun dies nicht. Die doppeltcontourirten Nervenfasern im Stamm des *N. opticus* werden

fast eben so leicht varicös, wie die der Centralorgane. Sie haben keine isolirbaren Neurilemscheiden, und interstitielles Bindegewebe ähnlich dem der weissen Marksubstanz. — Wie der N. olfactorius ist der Sehnerv seiner Entwicklungsgeschichte zufolge ein Theil des Grosshirns. — Die Opticusfasern in der Retina sind marklose Nervenfibrillen (S. 165). — (Ueber den N. acusticus s. S. 136.)

Doppeltcontourirte Nervenfasern, Primitivfibrillen, Primitivfasern, Primitivröhren, Nervenröhren, dunkelrandige Nervenfasern mit Schwann'scher Scheide oder Neurilem, bestehen aus Axencylinder, Nervenmark und Neurilem. Erstere beide verhalten sich so wie in den Centralorganen; letzteres hindert wegen seiner festen Beschaffenheit die Varicositätenbildung.

Das *Neurilem,* Schwann'sche Scheide, Primitivscheide, ist eine anscheinend structurlose Membran, die röhrenförmig jede dunkelrandige Nervenfaser der cerebrospinalen Nerven in ihrem ganzen Verlaufe durch den Körper umhüllt. In regelmässigen Abständen treten an seiner Innenwand platte, ovale, längsgestellte Kerne, *Neurilemkerne* (Fig. 228 *k*) hervor, die Endothel-ähnlich angeordneten Inoblasten angehören.

Fig. 227.

A Markhaltige varicöse Nervenfasern der weissen Gehirnsubstanz isolirt. V. 350. *a* stärkere, *b* feinere Faser; *c* Myelintropfen. *B* Nervenfaser aus dem N. ischiadicus mit Silber und Carmin behandelt. V. 350. *k* Kern des Neurilems. Das Myelin ist körnig, der Axencylinder roth gefärbt; das Neurilem zeigt an Knickungsstellen Einschnürungen oder Einrisse. Am oberen Ende ragt der Axencylinder frei hervor. — Rechts daneben ein Axencylinder aus einer vorderen Wurzel des Rückenmarks frisch mit 2 %igem salpetersauren Silberoxyd behandelt, daher quergestreift. Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 600/450.

Nach Behandlung feiner Nerven mit 0,3 %igem salpetersauren Silberoxyd, 1 %iger Osmiumsäure resp. 1 %igem pikrinsauren Carmin-Ammoniak zeigen sich ebenfalls in regelmässigen Abständen querverlaufende Linien als Ausdruck von Einschnürungen: dies sind aber nicht Zellengrenzen, sie finden sich bald in grösseren (z. B. 1 Mm.), bald in geringeren Entfernungen von einander und sind die Folge von an frischen Nerven zu constatirenden Knickungen, welchen Nervenstämme bei der Präparation resp. Behandlung mit Reagentien vermöge ihrer unvollkommenen Elasticität unvermeidlich ausgesetzt sind. Manche einzeln verlaufende, doppeltcontourirte Nervenfasern werden ausserhalb ihres Neurilems noch von einer zweiten ähnlichen, ein wenig abstehenden und aus deutlicheren Bindegewebszellen zusammengesetzten Umhüllung oder *Adventitia,* Perineurium, umgeben. Zwischen dieser und dem Neurilem bleibt ein sehr enger, hohlcylindrischer, mit Lymphserum gefüllter Zwischenraum.

Nervenmark und Axencylinder verhalten sich wie in varicösen Nervenfasern. Beim Absterben des Nerven zieht sich der Axencylinder zusammen, verläuft mitunter etwas gewunden (Fig. 227 *B*) und erst auf diese Art kommt

in den Nervenfasern die innere der doppelten Contouren des Nervenmarks zur Erscheinung. Das Charakteristische ist dabei ihr ein wenig geknickter Verlauf, der den Beginn von Bildung krümliger Massen andeutet.

Leeuwenhoek entdeckte die doppeltcontourirten Nervenfasern; durch doppeltchromsaures Kali (S. 363) isolirte Gerlach (1858) marklose Nervenfibrillen. — Seit Ranvier (1872) werden die eben geschilderten Einschnürungen doppeltcontourirter Fasern zumeist für Zellengrenzen gehalten, indem nach Schwann's Theorie (1839) diese Nervenfasern sich aus längsgereihten Zellen bilden sollten. Wirklich lebende Nervenfasern zeigen nichts davon.

Was das **chemische Verhalten** anlangt, so wird das Nervenmark durch Mittel, welche Fett auflösen, wie Aether, Terpenthinöl, Benzol etc. nach vorheriger Behandlung mit Alkohol oder Trocknen zwar grösstentheils gelöst und ganz blass, wobei der Brechungsindex der umgebenden Flüssigkeit von Wichtigkeit ist, aber es verschwindet nicht vollständig. Nach Essigsäure-Zusatz quillt der gebliebene Rest auf, färbt sich röthlich-gelb mit Zucker und Schwefelsäure, gelb mit Salpetersäure nach Uebersättigung mit Natron: diese Reactionen zeigen, dass eiweissartige Körper mit Fett im Nervenmark gemengt sind. Der fettige Bestandtheil ist es, welcher die durch Osmiumsäure oder Goldchlorid hervorgerufene Schwärzung bedingt. Durch Chromsäure gerinnt das Mark peripherischer Nervenfasern (und auch dickerer varicöser Fasern) in concentrischen Schichten.

Ausser den für die varicösen Nervenfasern verwendbaren Reagentien: Zuckerwasser (Kölliker, 1850), Jodserum (M. Schultze, 1868) giebt es eine grosse Menge von Reagentien, welche den Axencylinder in peripherischen Nerven, und namentlich an abgerissenen Faserenden (Fig. 227 *B*), zur Anschauung bringen (Kölliker, 1850): concentrirte Essigsäure, Kochen in Wasser, Alkohol oder Aether, Chromsäure; Einlegen in Chromsäure; Lösung von Sublimat (Czermak, 1850), Collodium (Pflüger, 1859), Chloroform oder Salpetersäure mit chlorsaurem Kali (Waldeyer, 1863). In Alkalien oder Säuren erfolgt Aufquellung; mit Salpetersäure und nachher mit Natron behandelt, gelbe Tingirung; durch Zucker und Schwefelsäure schwach gelbliche, durch Jod deutlich gelbe Färbung; in concentrirteren Lösungen von Sublimat, Chromsäure, kohlensaurem Kali etc. schrumpfen die Axencylinder. Wendet man sehr starke Vergrösserungen an, so kann man begreiflicherweise fünf Contouren an jeder Seite der Faser unterscheiden: 2 Ränder des Neurilems, 2 des Nervenmarks, 1 an der Grenze zwischen dem geschrumpften Axencylinder und dem hellen Raum, welcher denselben umgibt. Die sog. doppeltcontourirte peripherische Nervenfaser kann also eigentlich 10 Contouren, und wenn sie Adventitia besitzt, sogar 14 darbieten.

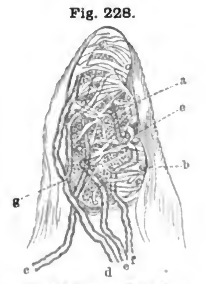
Aus diesen Reactionen ergibt sich ein Verhalten, wie es in festem Aggregatzustande befindlichen geronnenen Eiweisskörpern entspricht. Die Präexistenz des Axencylinders, sowie des Nervenmarks als getrennter Substanzen in der lebenden Nervenfaser, folgt aus denselben nicht, wohl aber wird sie bewiesen durch das Verhalten der Nervenfasern bei ihren Theilungen und peripherischen Endigungen überhaupt (S. unten multipolare Ganglienzellen), und ergibt sich aus dem Umstande, dass der Axencylinder überhaupt kein homogener Strang ist, sondern ein Bündel markloser Nervenfibrillen und in den Cornea-Nerven (S. 376) direct als aus solchen bestehend erkannt werden kann. Jod, Carmin, Hämatoxylin, Anilinblau (Waldeyer, 1863) und andere Farbstoffe färben die Axencylinder wie eiweissartige Substanzen überhaupt; Goldchlorid dagegen dunkelviolett bis schwarz, Osmiumsäure gelblich und salpetersaures Silber bräunlich. Bei letzterem treten nach intensiverer Einwirkung (Fig. 227 rechts) länglich-viereckige Bruchstücke auf, welche Erscheinung, wie gleich hier bemerkt werden mag, sich in den Körper von Ganglienzellen fortsetzen kann.

Das Nervenmark ist stärker, der Axencylinder schwächer doppeltbrechend und die optischen Axen von beiden fallen mit der Längsaxe der Nervenfaser zusammen. Das Mark bricht negativ, der Axencylinder positiv in Bezug auf diese Axe: letzteres bedeutet, dass das Brechungsvermögen in der Längsaxe grösser ist. Obgleich fasriges Bindegewebe ebenfalls doppeltbrechend ist, so lassen sich doch bei der Untersuchung cerebrospinaler Nervenstämme die Bündel des Perineurium (S. Hirn- und Rückenmarksnerven) an ihrem schrägen Verlauf von den Nervenbündeln unterscheiden (Wundt, 1872).

Die doppeltcontourirten Nervenfasern bieten häufig Theilungen dar; nicht mit Sicherheit constatirt sind solche in den grossen Nervenstämmen; sehr häufig dagegen in der Nähe ihrer peripherischen Endausbreitung. Gewöhnlich folgen mehrere Theilungen successive auf einander, nach kürzerem oder längerem Verlauf der Aeste. Am häufigsten sind sie dichotomisch (Fig. 228 *d*), seltener trichotomisch (Fig. 229); es kommen beim Menschen bis zu fünf Aeste auf einmal aus der Stammfaser. Am dichtesten gedrängt und zahl-

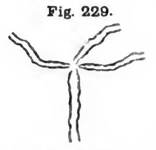
reichsten sind die Zerspaltungen im electrischen Organ: beim Zitterrochen gehen bis zu 25 Fasern zugleich aus einer viel dickeren Stammfaser hervor.

Fig. 228.



Papille von der Volarfläche des Zeigefingers, V. 400/200, mit einem grossen, mehrfach eingeschnürten Tastkörperchen und vier eintretenden doppeltcontourirten Nervenfasern *c*, *d*, *e*, *f*. Die Faser *d* theilt sich dichotomisch bei *g* und schickt zwei Aeste zu dem oberen Theile des Körperchens. *e* windet sich spiralig und theilt sich in fünf Terminalfasern. *b* ist einer der hellen glänzenden Kreise am Rande des Körperchens, in Wahrheit Querschnitt einer Terminalfaser.

Fig. 229.



Trichotomische Theilung einer doppeltcontourirten Nervenfaser aus der Conjunctiva bulbi vom Menschen, frisch ohne Zusatz. V. 350. An der Theilungsstelle spitzen sich die Fasern zu; Gerinnung des Nervenmarks ist noch nicht eingetreten.

Dann kommen die motorischen Nervenfasern der quergestreiften Muskeln in der Nähe ihrer Endigungen und in diesen selbst; am weitesten von einander entfernt folgen sich die successiven Theilungen in den sensiblen Nervenfasern: z. B. sechs dichotomische Theilungen hinter einander an einer Nervenfaser der Conjunctiva des Kalbes, aus welchen zehn Endäste resultirten. Selten sind mehrfache (Fig. 228 *e*) Theilungen (bis zu fünf).

An den Theilungsstellen zeigt sich das Kaliber meist etwas, aber nur wenig grösser an der *Stammfaser*, Mutterfaser, als an deren Aesten, Tochterfasern. Erstere schnürt sich nach der Theilungsstelle hin ein, spitzt sich zu, wird blass, und in derselben Weise beginnen die Aeste. Das Neurilem setzt sich unverändert über die Theilungsstelle fort; sehr häufig liegt nahe der letzteren ein Neurilemkern. Das Nervenmark wird viel dünner, ist aber bei starken Vergrösserungen als sehr feine doppelte Contour an lebenden sowohl motorischen (W. Krause, 1860), als sensiblen Nerven über die Theilungsstelle hinweg auf die Aeste der Stammfaser zu verfolgen. Kurze Zeit nach dem Absterben oder nach Behandlung mit beliebigen Reagentien bildet sich in Folge der Gerinnung des Nervenmarks eine tiefere Einschnürung, in welcher der Axencylinder vom Neurilem nur durch einen hellen, mit Serum oder der Zusatz-Flüssigkeit gefüllten Raum getrennt wird. Diese Erscheinung wurde früher für das normale Verhalten angesehen und man glaubte, die nervöse Verbindung zwischen Stammfaser und Aesten werde ausschliesslich durch den Axencylinder hergestellt.

Da sich der Durchmesser der doppeltcontourirten Nervenfasern bei den Theilungen successive vermindert, so ist es schon an sich klar, dass keine specifischen Unterschiede zwischen stärkeren und feineren Fasern bestehen können; die Beobachtung lehrt in der That das Vorkommen aller möglichen Uebergänge. Indessen sind im Allgemeinen die motorischen Nervenfasern (sowohl in den Centralorganen als) in den peripherischen Nervenstämmen stärker, die sensiblen feiner. Letztere sind früher mitunter als sympathische Fasern bezeichnet und solche dunkelrandige dürfen nicht mit den blassen sog. sympathischen (S. 365) Nervenfasern verwechselt werden.

Nach dem Gesagten sind an den Nervenfasern und Fibrillen folgende Unterabtheilungen zu unterscheiden:

I. Nervenfibrillen.

1. Marklose oder Primitivfibrillen.
2. Markhaltige Fibrillen.

II. Nervenfasern.

1. Terminalfasern — sind Bündel markloser Nervenfibrillen, zum Theil von sehr wenig Nervenmark umgeben, ohne Neurilem.
2. Einfach-contourirte Nervenfasern — marklose Fibrillenbündel mit kernhaltigem Neurilem.
   a. Olfactoriusfasern — dicke Fibrillenbündel.
   b. Blasse Nervenfasern, Remak'sche Fasern — ihre Fibrillenbündel oder Axencylinder sind von sehr wenig Nervenmark umgeben.
   c. Endfasern — marklose Fibrillenbündel, die im Gegensatz zu den Terminalfasern kein Mark, wohl aber kernhaltiges Neurilem besitzen.
3. Markhaltige doppeltcontourirte Nervenfasern.
   a. *Varicöse* Nervenfasern der Centralorgane — Primitivfibrillenbündel mit Markscheide ohne Neurilem.
   b. *Doppeltcontourirte* nicht-varicöse Nervenfasern der peripherischen Nerven — Fibrillenbündel mit Markscheide und Neurilem.

Das Neurilem wurde von Schwann (1839), die Adventitia, Perineurium Robin's, von Robin (1851) entdeckt; der Axencylinder von Remak (1837), seine Zusammensetzung aus Fibrillen ebenfalls von Remak (1837) und die nach Letzterem benannten blassen Nervenfasern (1838); die Theilungen dunkelrandiger Nervenfasern von J. Müller und Brücke (Augenmuskeln des Hechts, 1841) — Die Dicke doppeltcontourirter Fasern schwankt zwischen 0,001 — 0,02. Kölliker (1850).

An einzelnen Orten kommt das merkwürdige Verhältniss vor, dass eine einzige colossale Nervenfaser unter ausserordentlich vielen Theilungen ganze Organe versorgt: so das electrische Organ von Malapterurus electricus (Bilharz, 1853), woselbst die doppeltcontourirte Stammfaser 0,025 Dicke hat und sich Millionenmal theilen muss (M. Schultze, 1868). Ihr Axencylinder ist 0,008 — 0,009 stark (Marcusen, 1853), die Ganglienzelle, aus welcher derselbe entspringt und deren Durchmesser 0,3 — 0,5 beträgt, für das freie Auge sichtbar (Bilharz).

Bei Wirbellosen sind die Nervenfasern fast immer marklos; sie stellen sich als Fibrillenbündel mit Neurilem dar, so beim Flusskrebs (Remak, 1843). — Ausschliesslich marklose Nervenfasern haben auch die niedersten Wirbelthiere: Cyclostomen (Petromyzon, Stannius, 1850) und Leptocephalen (Kölliker (1852. Bei Torpedo sind die Axencylinder sehr dick, die Markhülle dagegen dünn (M. Schultze, 1868; W. Krause, 1869). In den Axencylindern von Petromyzon sah Langerhans (1874) einen centralen Kanal, welchen viele Beobachter auch den Axencylindern höherer Wirbelthiere zuschrieben, während Fleischl (1875) den gesammten Axencylinder für eine Flüssigkeit erklärt hat.

Einige Beobachter sehen in mannigfachen zum Theil complicirten Bildern, welche abgestorbene oder mit Reagentien behandelte Nervenfasern darbieten, besondere Structurverhältnisse (s. auch S. 369). Die lebende Nervenfaser, wie man sie an durchsichtigen Theilen von Wirbelthieren (Stiel von Vater'schen Körperchen, Schwanz der Froschlarven etc.) unter Vermeidung jeder Zerrung zu sehen bekommt, zeigt völlig continuirliches nicht geronnenes Nervenmark und die oben (S. 367) beschriebenen Contouren.

Ganglienzellen.

Die *Ganglienzellen*, Nervenzellen, Nervenkörper, Cellulae nerveae, sind membranlose Oikoblasten mit grossem Kern. Ihre Form ist theils kuglig, theils dabei etwas zusammengedrückt sphäroidisch; theils länglich-ellipsoidisch, spindelförmig, pyramidenförmig, oft sehr unregelmässig. Sie bestehen aus einem Zellenkörper und Fortsätzen.

Der Zellenkörper hat im überlebenden Zustande (Retina, W. Krause, 1868) vollkommen helles, durchsichtiges Ansehen, in welchem nur sehr feine Körnchen mit den stärksten Vergrösserungen wahrnehmbar sind. Durch Reagentien, wie Jodserum, Chromsäure etc. zeigt sich aber, dass derselbe aus einem *Stroma* ausserordentlich feiner Fäserchen besteht, die als den Primitivfibrillen (S. 363) homolog zu erachten sind. Sie verlaufen an der Peripherie des Zellenkörpers im Ganzen concentrisch, bilden Faserzüge, überkreuzen sich und stellen dadurch scheinbar ein sehr enges Netzwerk her, in welchem die schon im frischen Zustande sichtbaren eiweissartigen Körnchen eingelagert sind. In manchen Ganglienzellen ist an einer dem Kern benachbarten, zwischen diesem und der Zellenperipherie gelegenen Stelle ein grösserer oder kleinerer Abschnitt vorhanden, woselbst gelbliche oder bräunliche nicht krystallinische, gegen Reagentien ausserordentlich resistente Pigmentkörnchen (Fig. 230 *B*) eingelagert sich finden. Sind sie zu einem distincten Haufen

gruppirt, so hat dieser oft merkwürdige Aehnlichkeit mit einem Nebenkern des Dotters (S. 283). Anhäufungen solcher pigmentirter Ganglienzellen bedingen jene für das freie Auge sichtbaren besonderen Färbungen der grauen Substanz (S. 362). Dabei kann fast die ganze Zelle von undurchsichtigen Pigmentmassen eingenommen werden. — Derjenige centrale Theil der Zelle, welcher den Kern zunächst umschliesst, erscheint heller, weicher, und bietet eine mehr feinkörnige Beschaffenheit anstatt eines fasrigen Stroma, was an zerbrochenen Ganglienzellen zu ermitteln ist.

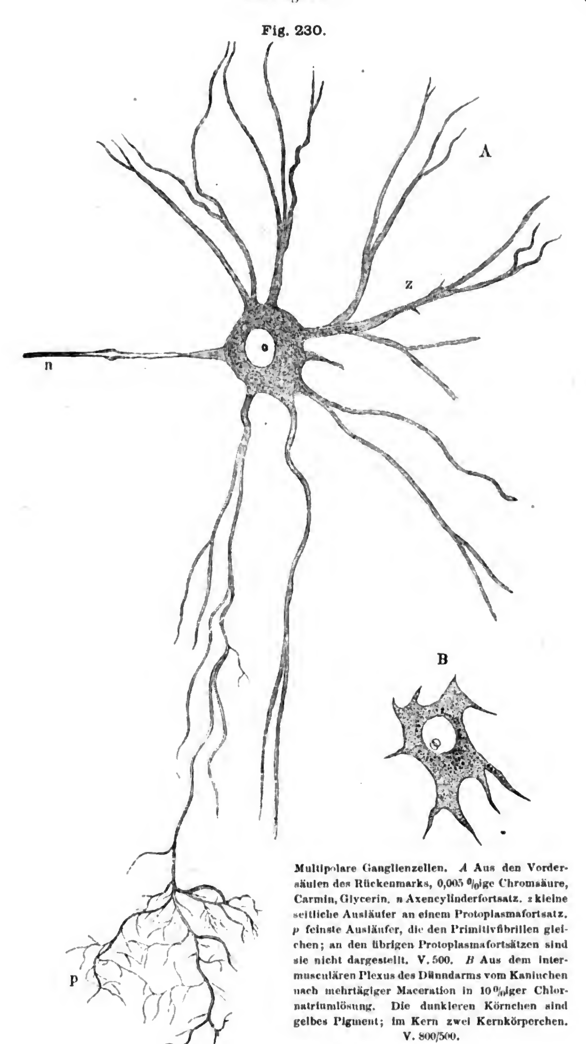
Der *Kern* ist an der lebenden Ganglienzelle ein wasserklares, von doppelter Contour als Ausdruck der Kernmembran umgebenes, nahezu kugelförmiges Bläschen. Zuweilen kommen Zellen mit zwei Kernen vor, die entweder als Hemmungsbildungen: in ihrer Entwicklung bei der Kerntheilung, der eigentlich die Zellentheilung folgen sollte, stehen gebliebene Ganglienzellen, oder als Beweise einer bei jungen Individuen stattfindenden Vermehrung der letzteren gedeutet werden. Der Kern enthält Kernflüssigkeit, wie aus der Beweglichkeit des Kernkörperchens (S. 13), die als Molecularbewegung aufgefasst werden kann, zu schliessen ist, und darin ein, seltener mehrere *Kernkörperchen*. Letzteres wird unter Umständen von einer Körnchensphäre, die wie ein Kranz feiner Körnchen erscheint, umgeben (S. 13); es ist relativ sehr gross, färbt sich deutlich und stärker als der Zellenkörper durch Carmin und enthält ein an manchen Ganglienzellen (Rückenmark des Hechtes, Mauthner, 1860; Med. oblong. des Menschen und Rindes, Cerebellum des Affen, Schroen, 1865; Gehirn des Zitterrochens, M. Schultze, 1868; Spinalganglien, W. Krause) sehr deutliches, etwas excentrisch gelegenes, in Carmin ungefärbt bleibendes *Korn*, Nucleolulus, Vacuole, von 0,0006—0,001 Durchmesser. Dasselbe ist homolog dem Keimkorn (S. 280). Gegen Säuren ist der Kern sehr viel weniger resistent, als es andere Kerne zu sein pflegen; in der Kernflüssigkeit tritt bei dieser Behandlung ein körniger Niederschlag auf.

In Bezug auf ihr **chemisches Verhalten** sind die Ganglienzellen gegen Fäulniss resistenter als man denken sollte und die Isolirung ihrer feinsten Fortsätze (S. unten) durch sehr verdünnte Chromsäure, sowie eine (S. 374) citirte seltene Beobachtung von Corti beruhen wesentlich auf dem Umstande, dass das Bindegewebe der grauen Substanz früher gelockert wird als das Stroma der Ganglienzellen. Gegen die meisten Reagentien, Tinctionsmittel etc. verhalten sie sich wie Oikoblasten oder geronnene Eiweisskörper überhaupt; conserviren sich anfangs in verdünnten Säuren und Alkalien, trüben sich und schrumpfen etwas in Alkohol, Chromsäure, chromsaurem Kali, kohlensaurem Kali, Sublimat u. s. w. Durch Osmiumsäure werden sie schwachbräunlich, durch Goldchlorid oder Goldchloridkalium bläulichviolett, durch Eisenchlorid, Auswaschen und Behandlung mit Gerbsäure schwärzlich gefärbt; endlich können sich ihre Körper und Fortsätze schwärzen, wenn mittelst doppelt-chromsaurem Kali gehärtete Stücke der Gross- oder Kleinhirnrinde nachher in 0,5—1 %ige Lösungen von salpetersaurem Silberoxyd gelegt werden.

Die Fortsätze der Ganglienzellen sind am besten an den motorischen Zellen des Rückenmarks (Fig. 230 *A*) nach Maceration in sehr verdünnter Chromsäure etc. zu verfolgen. Nach der Anzahl der Fortsätze unterscheidet man multipolare, bipolare u. s. w. Zellen.

Multipolare Ganglienzellen, polyklone, vielstrahlige Nervenzellen, werden solche genannt, die 3—25 Fortsätze ausschicken. Unter diesen fällt wenigstens an den grossen motorischen Zellen der Centralorgane, wie sie in den Vordersäulen des Rückenmarks, in der Medulla oblongata (motorische Zellen) und im Gehirn auch in der grauen Rinde des grossen und kleinen Hirns zahlreich vorhanden sind, ein Fortsatz, *Axencylinderfortsatz*, Nervenfaserfortsatz, dadurch auf, dass er nach kürzerem oder längerem, gestrecktem Verlaufe, ohne sich in der Nähe der Zelle jemals zu theilen, in eine doppeltcontourirte varicöse Nervenfaser übergeht (Fig. 230 *n*). Die Abgangsstelle

Fig. 230.



Multipolare Ganglienzellen. *A* Aus den Vordersäulen des Rückenmarks, 0,005 %ige Chromsäure, Carmin, Glycerin. *n* Axencylinderfortsatz. *z* kleine seitliche Ausläufer an einem Protoplasmafortsatz. *p* feinste Ausläufer, die den Primitivfibrillen gleichen; an den übrigen Protoplasmafortsätzen sind sie nicht dargestellt. V. 500. *B* Aus dem intermusculären Plexus des Dünndarms vom Kaninchen nach mehrtägiger Maceration in 10 %iger Chlornatriumlösung. Die dunkleren Körnchen sind gelbes Pigment; im Kern zwei Kernkörperchen. V. 800/500.

ist häufig zu einem kleinen Kegel ausgezogen, in welchen die Fasern des Ganglienkörpers einstrahlen und den Axencylinderfortsatz zusammensetzen, der mithin ein Bündel markloser Primitivfibrillen darstellt. Im Allgemeinen ist die Dicke des Axencylinders in der entspringenden Nervenfaser dem Volumen der Ganglienzelle proportional.

Die übrigen oft sehr zahlreichen Fortsätze der Ganglienzellen werden, ohne dass sie etwa contractil wären, als *Protoplasmafortsätze,* Parenchymfortsätze Stilling, verästelte Fortsätze M. Schultze, bezeichnet. Ihr Protoplasma ist fädig, mit eingelagerten kleinen Körnchen, mitunter auch Pigment, versehen wie das Stroma des Zellenkörpers selbst; die Fäden sind Primitivfibrillenbündeln gleichzusetzen und hängen continuirlich mit denjenigen des Zellenkörpers zusammen. Die Protoplasmafortsätze verästeln sich wiederholt dichotomisch, selten deutlich trichotomisch, verfeinern sich dabei und diese Aeste erster, zweiter u. s. w. Ordnung senden schliesslich eine ausserordentlich grosse Anzahl feinster *Ausläufer* aus, die mit Primitivfibrillen ihrem Aussehen und microchemischen Verhalten nach identisch sind. Sie verlieren sich in dem beschriebenen (S. 363) Flechtwerk, welches die letzteren in der grauen Substanz bilden, oder lösen sich selbst in ein solches auf (Fig. 253 *B*). Vielfach gehen feine Ausläufer, auch seitlich unter fast rechten Winkeln (Fig. 230 *z*), zum Theil mit kegelförmiger Basis aufsitzend, von Aesten der Protoplasmafortsätze ab, theilen sich hier und da, verfeinern sich und gleichen dann vollständig den Endausläufern der Fortsätze selbst.

Nach der gewöhnlichen Terminologie (S. 7) dürften die Protoplasmafortsätze nicht als solche bezeichnet werden, wenn man vom Protoplasma Contractilität voraussetzt; die letztere wird jedoch von Walther (1868) auf Grund amöboider Bewegungen von gefroren gewesenen Ganglienzellen des Froschhirns vermuthet, sowie von v. Recklinghausen mit Popoff (1875) deshalb behauptet, weil die Zellen der Grosshirnrinde beim Kaninchen und Hund nach Injection von Tusche in das lebende Gehirn schwarze Körnchen aufnehmen sollen. Obgleich die Beobachtung verschiedene Deutung zulässt (s. Lymphgefässe des Gehirns), so kann doch die Annahme der Contractilität nicht als widerlegt angesehen werden. — Die seitlich abgehenden Fortsätze (Fig. 230 *z*) wurden zuerst von Kölliker (1850) im Kleinhirn gesehen.

Selten kommt es zur Beobachtung, dass zwei Ganglienzellen durch eine Anastomose ihrer Protoplasmafortsätze zusammenhängen. Alsdann ist die Verbindungsbrücke nur einfach vorhanden, relativ kurz und dick und die ganze Erscheinung ist als eine Art von Hemmungsbildung aufzufassen: zwei embryonale, aus Zellentheilung entstandene Ganglienzellen haben ihre Trennung nicht ganz vollendet.

Die den ersten Beobachtern naheliegende (Fig. 241) Deutung der Protoplasmafortsätze als Verbindungsbrücken benachbarter Ganglienzellen hat sich mit verbesserten Untersuchungsmethoden als ein Trugbild herausgestellt (Kölliker, 1859; Deiters, 1865). Zwar hat R. Wagner (1851) mit Billroth und Meissner solche im electrischen Hirnlappen des Zitterrochens, die sich seilartig zwischen isolirten Zellen anspannen liessen; Corti (1853) mehrere in der Retina des Elephanten und Stilling (1859) im Hypoglossuskern der Med. oblongata vom Rinde beobachtet, wo sich die Verbindungen isolirter Zellen ebenfalls hin und her ziehen liessen. Auch eine Beobachtung von Jolly (1867) aus dem Rückenmark scheint sich hier anzureihen. Jedenfalls kommen in den Centralorganen des Menschen und der meisten Wirbelthiere directe Verbindungen durch stärkere Aeste von Fortsätzen nicht vor. Insofern die physiologischen Erscheinungen des Reflexes eine continuirliche Leitung zwischen zwei Ganglienzellen resp. Gruppen von solchen fordern, kann sie der anatomischen Sachlage nach auf drei Wegen zu Stande kommend gedacht werden. Entweder die feinsten Protoplasma-Ausläufer, welche in das nervöse fibrilläre Netzwerk der grauen Substanz überall, wo letztere vorkommt, sich einsenken, anastomosiren unter einander. Oder die Axencylinderfortsätze je zwei von einander *entfernt* gelegener Zellen gehen in die Enden einer beide Zellen verbindenden Nervenfaser über. Oder es entspringen aus jenem Netzwerk Nervenfasern, deren Axencylinder dadurch gebildet werden, dass mehrere feinste Protoplasma-Ausläufer zu einem Axencylinder zusammentreten. Letztere Art des Ursprungs von Nervenfasern wird seit Gerlach (1868) für die hinteren Nervenwurzeln des Rückenmarks, auch für die Nervenfasern der Klein- und Grosshirnrinde vielfach angenommen, doch sind obige drei Möglichkeiten bisher weder bewiesen noch widerlegt worden. Die zweitgenannte lässt die Annahme plausibel erscheinen, dass in den Centralorganen *entfernt* von einander liegende Gruppen von Ganglienzellen durch Bündel von Nervenfasern, *lange Bahnen* (S. Faserverlauf im Rückenmark, S. 395) verbunden werden, und diese letztere Annahme lässt sich allerdings auch anderweit begründen.

Die multipolaren Ganglienzellen sind in den Centralorganen wesentlich auf die graue Substanz beschränkt, kommen in der weissen nur ausnahmsweise vor. Und in der grauen sind sie nicht immer gleichmässig ausgestreut, sondern zu Gruppen vereinigt, die, wenn sie lang and relativ dünn sind: *Zellensäulen,* wenn sie kleiner, wobei eine Dimension die beiden anderen nicht so ausserordentlich zu überwiegen pflegt: *Kerne grauer Substanz* oder *Nerven-*

Kerne genannt werden. Solche Gruppen von Zellen werden, wie man vermuthet, durch Nervenfasern in Verbindung gesetzt, deren jede ein Bündel darstellt, dessen Fibrillen — mögen sie nun von einer gemeinschaftlichen Markscheide umhüllt sein oder nicht — aus mehreren feinsten Ausläufern *verschiedener* multipolarer Ganglienzellen sich zusammensetzen. Danach kann also ein Nervenfibrillenbündel als Axencylinder in eine doppeltcontourirte varicöse Nervenfaser eintreten.

Die Ganglienzellen wurden von Ehrenberg (1833) entdeckt, ihr Nucleolulus von Mauthner (1860); Bewegungen (S. 13) ihres Kernkörperchens in lebenden Zellen sind von Svierczewski (sympathische Ganglien des Frosches, 1869) und von Manz (Retina des Neugeborenen, 1870) Beweglichkeit desselben beschrieben. Die fibrilläre Beschaffenheit ihres Stroma fand Remak (1844, 1852. 1862); den Ursprung einer doppeltcontourirten Nervenfaser aus einer Zelle Kölliker (1844); den Faserursprung bei Wirbellosen Helmholtz, (1842); den einfachen Axencylinderfortsatz im Gegensatz zu den Protoplasmafortsätzen R. Wagner (1851) mit Meissner und Billroth im electrischen Gehirnlappen des Zitterrochens; Remak (1855) an den Zellen des Rückenmarks; und als allgemeines Gesetz Deiters (1865). Ausnahmsweise sollen zwei Axencylinderfortsätze vorkommen können (R. Wagner, 1851, an der angeführten Stelle; Gerlach, 1858, in der Kleinhirnrinde; Walter, 1861, im Bulbus olfactorius; Schiefferdecker, 1874, in der Vordersäule des Rückenmarks). Dass Ausläufer der Protoplasmafortsätze, die von verschiedenen Ganglienzellen stammen, zu einem Axencylinder sich vereinigen, haben Walter (1861, Bulbus olfact.), M. Schultze (1862), Waldeyer (1863, Cerebellum des Frosches), Leydig (1864) für wahrscheinlich erklärt: Beweise sind nicht erbracht. — Mehrfach wurden — vielleicht in Folge optischer Projection — seit Harless (1846) Verbindungen der in die Ganglienzellen eintretenden Axencylinder mit ihrem Kern oder Kernkörperchen behauptet.

Die Schwierigkeit der weiteren Verfolgung eines feinsten Ganglienzellen-Ausläufers in der grauen Substanz liegen nicht nur in seiner Feinheit, sondern noch mehr in der Beschaffenheit des granulirten Bindegewebes der grauen Substanz. Abgesehen von eingelagerten feinen Körnchen besteht dasselbe aus einem äusserst feinmaschigen, nur unter den stärksten Vergrösserungen auflösbaren Flechtwerk von Inoblastenausläufern und durch dasselbe schlingt sich das zweite weitmaschigere, nervöse Geflecht feinster Ganglienzellenausläufer und markloser Nervenfibrillen. Allerdings unterscheiden sich die Inoblasten-Ausläufer dadurch, dass sie in verdünnter Osmiumsäure nicht varicös werden und sich mit Goldchlorid nicht färben; jedenfalls ist es aber zur Zeit unmöglich, den in dieses Gewirr einmal eingetretenen Ganglienzellenausläufern weiter nachzugehen, und man kann nur Nervenfaserzüge oder Bündel verfolgen, die sich von Kernen grauer Substanz in dieser oder jener Richtung weiter erstrecken. Dazu kommt, dass die Axencylinderfortsätze häufig bald nach ihrem Abgang von der zugehörigen Zelle sich mehr oder weniger rechtwinklig umbiegen. Auch die Nervenfaserbündel ändern manchmal ihre Verlaufsrichtung, zeigen sogar rechtwinklige Kniebeugungen (N. facialis in der Med. oblongata).

Zufolge einer älteren Annahme sollten die Ganglienzellenausläufer, soweit sie nicht zur Verbindung nahe benachbarter Ganglienzellen dienen würden, direct als Axencylinder in markhaltige varicöse Nervenfasern eintreten. Verfolgt man unter dieser Annahme den Verlauf vom Centrum nach der Peripherie, so muss dieselbe Nervenfaser sehr verschiedene Dicken successive darbieten. Unmessbar fein als marklose Primitivfibrille beginnend könnte sie sich mit einer Markscheide umgeben und zur markhaltigen varicösen Nervenfibrille werden, diese allmälig zu einer feinen markhaltigen varicösen Faser gleichsam heranwachsen und diese wiederum zu einer stärkeren derartigen, welcher letztere Uebergang zufolge der von Einigen angenommenen Theilungen allerdings in umgekehrtem Sinne direct zu beobachten ist. Während des Verlaufs innerhalb der Centralorgane brauchten keine Einschaltungen von Ganglienzellen vorzukommen; letztere könnten aber in peripherischen Ganglien, bei sensiblen Fasern auch in den Spinalganglien stattfinden. Beim Austritt aus dem Centralorgan würde sich ferner die doppeltcontourirte, bis dahin varicöse Nervenfaser mit Neurilem umgeben, unverändert — ähnlich einem Telegraphendraht von 1 Mm. Dicke und ca. 1000 Meter Länge — nach der Peripherie verlaufen, sich hier vielfältig wiederholt theilen, wobei die Aeste zusammen an Kaliber die Stammfaser bedeutend überwiegen; dann die Markscheide verlieren und dadurch zu einer blassen Endfaser werden, endlich unter weiterer Abnahme der Dicke auch das Neurilem und dadurch zu einer sehr feinen Terminalfaser, nacktem Axencylinder oder marklosen Nervenfibrille werden — im letzteren Falle also ihren ursprünglichen Charakter, welchen der Ganglienzellenausläufer hatte, wiederum annehmen.

Für diese Ansicht liesse sich anführen, dass die Nervenfaser von der centralen Ganglienzelle bis zur äussersten Peripherie wesentlich doch nur einen Zellen-Ausläufer der letzteren darstellen würde. Ferner: die Grössen der relativ selbständigen microscopischen Formelemente sind im Allgemeinen in der Hinsicht übereinstimmend, dass sie nicht leicht unter bei 300facher Vergrösserung bequem sichtbare Dimensionen hinabgehen — so z. B. die rothen Blutkörperchen, die zu den kleinsten Zellen gehören, welche es giebt.

So sicher es nun ist, dass alle die geschilderten Veränderungen oder ein grosser Theil derselben an den meisten cerebrospinalen Nervenfasern wirklich in ihrem Verlauf vorkommen, so ist doch ein gleich zu erwähnender Grund vorhanden, der zu einer anderen Deutung der Erscheinungen zwingen dürfte. Offenbar ist das Auftreten und Verlorengehen von Markscheide und Neurilem im Verlauf der Fasern nur ein gleichsam zufälliger Umstand: dies sind secundäre Hüllen, die jedenfalls nicht die Bedeutung von Isolirungsmitteln für die physiologischen Processe im Nerven haben: das Wesentliche sind offenbar die Axencylinder. Es fragt sich, wie diese sich an den Theilungsstellen der Nervenfasern verhalten und wenn dies bei den doppeltcontourirten nicht immer leicht festzustellen ist und Theilungen an varicösen Fasern der Centralorgane überhaupt nur selten beobachtet

wurden, so liegt dafür in der Cornea (Fig. 82, S. 144) nach Entdeckung der Vergoldungsmethode eine Körperstelle vor, an welcher das fragliche Verhältniss mit Bequemlichkeit und Sicherheit festzustellen ist. Es zeigt sich nun, dass die blassen Nervenfasern des Hornhautgewebes marklose Fibrillenbündel mit Neurilem sind. Sie verästeln sich häufig und wo dies geschieht, theilen sich nicht etwa cylindrische, anscheinend homogene Axencylinder oder die Primitivfibrillen selbst, sondern in Wahrheit trennt sich bei der Theilung das aus distincten marklosen Fibrillen bestehende Bündel in Aeste: die eine Hälfte zieht rechts, die andere links und von jeder sind die Nervenfibrillen direct in die blasse kernführende Stammfaser (Endfaser) zu verfolgen. Die letzteren aber gehen aus doppeltcontourirten sensiblen Nervenfasern der Conjunctiva unter Verlust von deren Markscheide hervor. Nach diesem am klarsten vorliegenden Beispiele, das jedoch bei den Nervenendigungen sich vielfach wiederholt, wird es ausserordentlich wahrscheinlich, dass die marklosen Nervenfibrillen oder Primitivfibrillen den wesentlichen Elementartheil aller Nervenfasern und Ganglienzellen ausmachen und dass die mannigfach verschiedenen Formen sich nur auf die Zusammenfassung derselben zu Bündeln (Axencylindern), zu Netzen und Knotenpunkten (Ganglienzellen), fächerförmige Ausstrahlung (Nervenendigungen) u. s. w. beziehen. — Die Homologie mit den Wirbellosen, deren Nervenfasern meist solche Fibrillenbündel nebst Neurilem darstellen, ist vollständig; der Ursprung der Primitivfibrillen aber im centralen, mehr protoplasmatischen Theile der multipolaren Ganglienzellen zu suchen.

Nach dem Gesagten erscheint es unannehmbar, dass innerhalb einer Nervenfaser die Dicke eines Axencylinders sich im Verlauf der letzteren ändert, ohne dass die Faser sich zugleich theilt. Dagegen könnte das Kaliber durch Zunahme des Nervenmarks, Auftreten von accessorischen Hüllen etc. variiren. Kaliber-Aenderungen continuirlicher Nervenfasern sind innerhalb der Centralorgane überhaupt nicht festgestellt — obgleich mehrfach behauptet, und auch Theilungen werden nur (S. 395) in der grauen Substanz hier und da angenommen.

Die unermessliche, für unsere Vorstellung absolut unfassbare Complicirtheit, welche zufolge der auseinandergesetzten Anschauung die innerhalb der nervösen Centralorgane vorhandenen nervösen Leitungsbahnen in den Geflechten und Knotenpunkten (Ganglienzellen) ausserordentlich feiner Primitivfibrillen aufweisen müssen, ist kein Grund, jene Anschauung nicht anzunehmen. Solche Complicirtheit darf vorausgesetzt werden. Es lässt sich ausserdem leicht zeigen, wie unwesentlich die Vereinfachung wird, wenn man Axencylinder statt Primitivfibrillen als die primären Formelemente ansehen wollte. Gesetzt, das Gehirn enthielte eine Million Ganglienzellen (die Grosshirnrinde ist von Meynert [1867] auf 600 Mill. taxirt worden) und gesetzt, es kämen durchschnittlich 25 Fortsätze auf jede Zelle, so ergeben sich 25 Millionen Axencylinder nach der älteren Annahme, welche durch Theilungen vielleicht auf das Zehnfache vermehrt an die Peripherie gelangen. Die Anzahl der Ausläufer oder Nervenfibrillen, die von jeder Ganglienzelle ausstrahlen, mag noch so gross, beispielsweise zu 1000 im Durchschnitt angenommen werden, so ergeben sich nach der einen Rechnung 250, nach der anderen 1000 Millionen nervöse Leitungsbahnen und die erstere Zahl ist dem Verständniss nicht näher zu rücken, als die letztere.

Was endlich die naheliegende Frage anlangt, ob eine peripherische Stammfaser denn auch genug Primitivfibrillen enthalte, um alle von ihr ausstrahlenden Endfibrillen zu decken, so liegen darüber an manchen Orten, wo die Theilungen sehr zahlreich sind (z. B. in den electrischen Organen des Zitterrochens und von Malapterurus), keine sicheren Anhaltspunkte vor. Bei dem von Reichert (1851) untersuchten Brusthautmuskel des Frosches lässt sich aber unter plausiblen Annahmen der Zahlenwerthe herausfinden, dass der Querschnitt des Axencylinders einer Stammfaser allerdings Flächenraum genug für die Versorgung der Endigungen enthält.

Der beschriebene Bau ist an den erwähnten (Fig. 230 *A*) *grossen multipolaren Ganglienzellen* oder *motorischen Zellen* am besten zu erkennen. Ihre Protoplasmafortsätze entspringen mehr an den Rändern des etwas abgeplatteten Zellenkörpers, der Axencylinderfortsatz von der einen Fläche des letzteren (Jolly, 1867). In allmäligen Abstufungen sinkt die Zahl der Fortsätze mit der absoluten Grösse der Zellen: man unterscheidet demzufolge *mittlere* und *kleinere multipolare Ganglienzellen*, die an sehr vielen Orten vorkommen, von den grösseren. Ausserdem zeichnen sich einige Zellenformen noch durch Besonderheiten aus.

Spindelförmige multipolare Ganglienzellen oder *sensible Zellen* liegen in den Hinterhörnern des Rückenmarks und entsprechenden grauen Kernen des Gehirns. Ihre Fortsätze sind weniger zahlreich, ein Axencylinderfortsatz, nicht mit Sicherheit nachgewiesen (Fig. 231); die Zellen sind häufig dreistrahlig: zwei dickere Protoplasmafortsätze gehen in der Verlängerung des spindelförmigen Zellenkörpers ab, ein feinerer, vielleicht der Axencylinderfortsatz, senkrecht darauf. — Manche *kleinste multipolare Zellen* der Centralorgane stehen in ihrer Grösse und Form den Inoblastenkörpern des granulirten Bindegewebes sehr nahe und trotz der unten (S. 398) anzugebenden Hülfsmittel ist es häufig unmöglich zu entscheiden, ob die Ausläufer einer bestimmten vielstrahligen Zelle Primitivfibrillen oder bindegewebiger Natur sind.

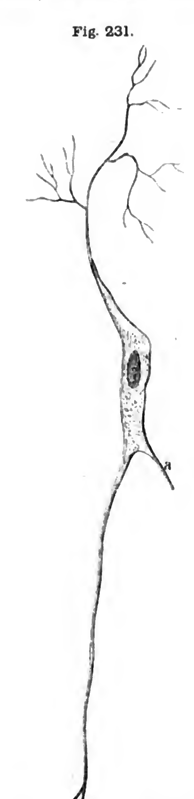
Wo ersteres angenommen werden darf, werden die zugehörigen Zellenkörper als *kleinste* multipolare Ganglienzellen bezeichnet.

Kleinere multipolare Zellen finden sich zahlreich als *peripherische Ganglienzellen* (Fig. 232 *B*); es ist bei den meisten ihrer Fortsätze nicht möglich, sie weiter zu verfolgen; im übrigen schliessen sich diese Zellen an die bipolaren an.

Pyramidenförmige Ganglienzellen werden ihrer Gestalt wegen die ziemlich grossen multipolaren Zellen der Grosshirnrinde genannt (S. letztere).

Bipolare Ganglienzellen, zweistrahlige, diklone Nervenzellen, sind solche, die nur zwei Fortsätze und zwar Axencylinderfortsätze haben. In den Centralorganen kommen sie nicht vor und der Anschein von zweistrahligen Zellen beruht theils auf Verstümmelung multipolarer; gewöhnlich aber auf dem Umstande, dass eine vielstrahlige Zelle zwei Fortsätze in entgegengesetzten Richtungen aussendet, die sich erst in einiger Entfernung vom Zellenkörper verästeln (S. Mittelhirn, obere sensible Trigeminuswurzel). Die Spinalganglien (ebenso die homologen Zellen im Ganglion spirale des N. acusticus bei Säugern) besitzen wenigstens bei Fischen unzweifelhafte bipolare (Fig. 232 *C*) Zellen und einzelne sind in den den Spinalganglien (S. letztere) der Säuger mit Sicherheit nachzuweisen. Ferner sind bipolare Zellen in den microscopischen Ganglien der Submucosa des Darmkanals, der Speicheldrüsen etc. constatirt. An letzteren Orten gehen die beiden Fortsätze häufig nach entgegengesetzten Richtungen (Fig. 223 *B*, S. 365) und die Zelle erscheint dann im Verlauf eines Axencylinders eingelagert; schwieriger sind zwei Fortsätze zu erkennen, wenn beide ungefähr dieselbe Richtung einhalten und der eine noch dazu gewunden verläuft.

Fig. 231.



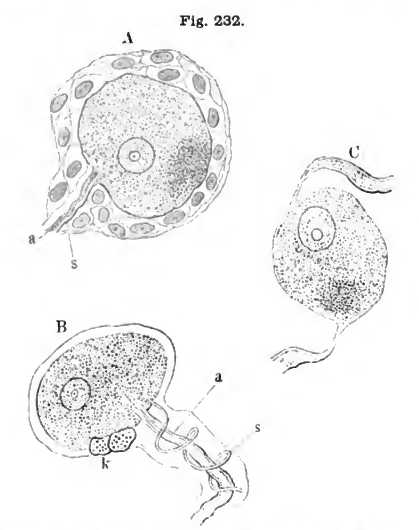
Multipolare sensible Ganglienzelle aus dem Hinterhorn des Rückenmarks isolirt. Chromsäure, Carmin. V. 1000/500. *a* Wahrscheinlich Axencylinderfortsatz. Der untere von den beiden Protoplasmafortsätzen, die vom Zellenkörper ausgehen, ist abgebrochen.

Unipolare und apolare Ganglienzellen. Die zuletzt erwähnten bipolaren Zellen machen namentlich dann den Eindruck von unipolaren, wenn der eine Fortsatz viel feiner ist als der andere (Fig. 232 *A*, *B*) und an der Grenze der Wahrnehmbarkeit steht. Es ist daher nicht sicher, ob wirklich unipolare Zellen existiren, so häufig sie auch zur Beobachtung kommen. Sie erscheinen meist etwas birnförmig. — Apolare, scheinbar fortsatzlose Zellen werden theils durch Zerzupfen frischer Präparate erhalten, theils zeigen sie sich in von Bindegewebe umgebenen Ganglienzellen, namentlich der peripherischen Ganglien (Fig. 223 *A*). In dicken Zellenhaufen der letzteren sehen alle Ganglienzellen apolar aus: ihre Fortsätze sind auch bei starken Vergrösserungen nicht ohne Weiteres zu erkennen.

Die Form der Zellenkörper ist bei den bipolaren, scheinbar unipolaren und apolaren Zellen eine kuglige, in der Richtung der Fortsätze etwas verlängerte und ausgeschweifte. Ihr Stroma zeigt weniger deutlich fibrillären Bau und weniger gelbliches Pigment, das seltener vorkommt, im übrigen stimmen sie mit den grösseren multipolaren Zellen überein.

Hüllen der Ganglienzellen. Bipolare Ganglienzellen können von einer Markscheide umgeben sein (S. Anm.); die multipolaren Ganglienzellen der Centralorgane und der Retina haben durchaus keine besondere Umhüllung; constant ist eine solche *Kapsel* dagegen an den bipolaren und sonstigen Zellen der peripherischen Ganglien vorhanden (Fig. 232 *A*). Sie besteht aus einer einfachen Lage polygonaler kernhaltiger Endothelien und die abgeplatteten rundlichen Kerne sind dem Ganglienzellenkörper zugekehrt, etwas gegen denselben hervorragend. An der frischen Ganglienzelle, sowie nach Einwirkung verdünnter Essigsäure, Chlorwasserstoffsäure etc. sieht die Kapsel structurlos (Fig. 232 *B*) aus und erscheint gequollen, als heller doppeltcontourirter Ring in kleinem Abstande die Ganglienzellen-Peripherie kreisförmig umgebend. Nach Behandlung mit H. Müller'scher Flüssigkeit, chromsaurem Kali etc. lassen sich sowohl Kapseln mit der darin enthaltenen Ganglienzelle als einzelne Endothelialzellen leicht isoliren; mit Silber tingirt bilden ihre Grenzen ein zierliches Netz; dasselbe ist auch an Chromsäure-Präparaten, namentlich bei nachträglichem Zusatz von anderen Säuren zu erkennen und dann öfters für ein nervöses, im Ganglienzellenkörper selbst gelegenes Fasernetz gehalten worden.

Fig. 232.



Bipolare Ganglienzellen. *A* Aus einem Sacralganglion des Menschen nach Einlegen in 0,01 %ige Chromsäure. V. 1000/400. Die Zelle enthält einen Kern mit Kernkörperchen und Nucleolulus. Zwei Axencylinder: ein dickerer *a* und ein sehr feiner *s* treten dicht neben einander zu der Zelle. *B* Aus der Vorhofsscheidewand von Rana temporaria, nach 24stündigem Einlegen in 2 %ige Essigsäure. V. 1000/800. *k* Kerne der Hülle. *a* gerade Faser, die weiterhin doppelte Contouren erhält. *s* Spiralfaser. *C* Aus dem Ganglion Gasseri des Menschen nach mehrtägigem Einlegen in H. Müller'sche Flüssigkeit zerfasert; mit Natron. V. 1000/400.

Bei Wirbelthieren kommen bipolare Ganglienzellen vor, die eine Markscheide besitzen und als kernhaltige Einschaltungen innerhalb des Axencylinders auftreten (N. acusticus von Knochenfischen, Bidder, 1847: Ganglien des N. trigeminus bei Selachiern und N. acusticus von Lacerta agilis, Leydig, 1852). Zum Theil ist an diesen Zellen resp. Fasern ausserdem noch Neurilem vorhanden. Auch bei Petromyzon erscheint die bipolare Ganglienzelle als kernhaltige Anschwellung des Axencylinders (Stannius, 1849; Langerhans, 1873), der nicht von einer Markscheide umgeben ist. Aehnliche, aber kleinere, als bipolare Ganglienzellen gedeutete, von Markscheide und Neurilem umschlossene Einlagerungen beobachteten H. Müller (1859) und W. Krause (1861) in den Nervenfasern des M. ciliaris beim Menschen (S. 150). — Die bipolaren Ganglienzellen wurden von Bidder, Robin und R. Wagner gleichzeitig (1847) entdeckt.

Centrales Nervensystem.

Die ausserordentlich zahlreichen Punkte, worin der feinere Bau des Rückenmarks mit dem des Gehirns übereinstimmt, werden aus der Detailbeschreibung erhellen. Im Voraus ist nur eine dem centralen Nervensystem eigenthümliche Anordnung hervorzuheben: der Verlauf von Nervenfasern oder vielleicht theilweise von Ganglienzellen-Ausläufern, welche in Bündeln zusammengefasst die Medianebene passiren und dadurch eine Verbindung beider Körperhälften herstellen. Im Gehirn sind sie meist dem freien Auge sichtbar; im Rückenmark zum Theil nur microscopisch. Sie werden als *Commissuren* bezeichnet, und es sollten darunter eigentlich quere Verbindungsbündel verstanden werden. Es ist aber zweifelhaft, wie viel auf Rechnung solcher Fasern zu setzen ist, die, von beiden Seiten herkommend und abstammend, in der Medianebene sich in spitzen Winkeln durchkreuzen: *Decussationen* bilden (S. auch Kreuzung der Hirnnerven). Geschieht die Durchkreuzung vorwiegend in der Richtung von vorn nach hinten, so wird sie als Decussatio anteroposterior bezeichnet.

Rückenmark.

Das Rückenmark, Medulla spinalis, wird von grauer und weisser Substanz gebildet. Letztere besteht aus drei rundlich-prismatischen, longitudinal und annähernd vertical verlaufenden Strängen. Erstere hat auf dem Querschnitt im oberen Theil des Cervicalmarks und im Dorsaltheil die Form eines H; in der Cervicalanschwellung sind ihre Seitenhälften zwei gebogenen Keulen, in der Lumbalanschwellung den ausgebreiteten Flügeln eines Schmetterlings vergleichbar. Sie wird hauptsächlich von den grauen Säulen gebildet.

Graue Substanz.

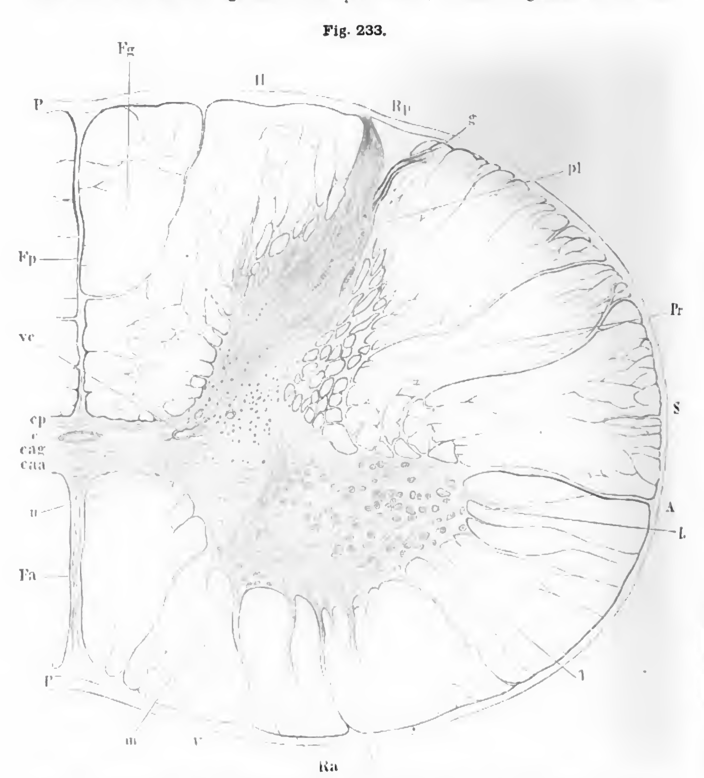
In der Längsaxe verläuft durch das ganze Rückenmark der **Centralkanal**, Canalis centralis (Fig. 233 *c*). Vom unteren Ende des Conus medullaris bis zum vierten Lumbalnerven (mit dieser und ähnlichen Angaben sind stets die Austrittsstellen der betreffenden Nervenwurzeln aus dem Rückenmark gemeint) liegt der Kanal, von vorn nach hinten gemessen, in der Mitte; aufwärts von dort gelangt derselbe weiter nach vorn bis an die hintere Grenze des vordersten Drittels. Vom unteren Ende der Medulla bis zum dritten N. sacralis verläuft er näher dem Grunde der Fissura longitudinalis anterior als der posterior; von jener nach aufwärts kehrt sich dies Verhältniss um.

Die Innenfläche des Kanals wird von einer einfachen Lage flimmernder Cylinderzellen mit eiförmigen Kernen ausgekleidet. Die Zellenkörper sind an der Vorderwand des Kanals kaum länger als an der Hinterwand, dagegen * mehr als an beiden in den lateralen Abschnitten innerhalb des Cervicaltheils entwickelt. Die Anzahl der Zellen auf einem Querschnitt beträgt im Cervical- und Lumbaltheil etwa 100. Ihre Cilien sind nicht immer vorhanden und am deutlichsten im Conus medullaris; sie sind kurz, etwas dick und weniger dicht gedrängt, als bei gewöhnlichen Flimmerzellen der Schleimhäute. Die Kerne stehen senkrecht zur Oberfläche und zeigen (bei Wiederkäuern) an Chromsäure-Präparaten drei bis vier rundlich-eckige Kernkörperchen, die, in der Längsrichtung übereinander gelagert und durch schwächer lichtbrechende Substanz getrennt, unter starken Immersionssystemen einigermassen an die homologe Querstreifung der Stäbchenkörner (Retina, S. 161) erinnern.

* Gegen Mierzejewski (anatom. Institut zu Göttingen), Die Ventrikel des Gehirns. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872, No. 40. M. behauptet dass das Epithel an der vorderen Wand (ventralen) des Rückenmarkkanals und an den entsprechenden Wänden der Ventrikel ein doppelt so hohes als an der hintern ist.

An dem von der Höhlung des Kanals abgewendeten Ende gehen die Epithelialcylinder jeder in einen langen, glatten Fortsatz über, der weit in das den Centralkanal umgebende granulirte Bindegewebe eindringt. Letzteres oder die **Substantia gelatinosa centralis**, centraler grauer Kern, cen-

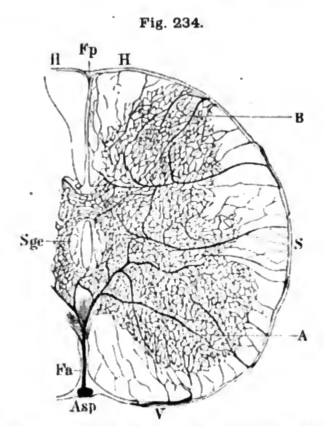
Fig. 233.



Horizontalschnitt durch die Cervical-Anschwellung. Alkohol, Pikrocarmin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 200/17. *Fp* **Fissura longitudinalis posterior.** *cp* **Commissura posterior.** *Vc* **Vena centralis.** *c* **Canalis centralis.** *cag* **Commissura anterior grisea.** *caa* **Commissura anterior alba;** *n* **Umbiegung ihrer von der entgegengesetzten Seite kommenden Querfasern in die Longitudinalbündel des Vorderstrangs.** *Fa* **Fissura longitudinalis anterior mit einem Ast der A. spinalis anterior.** *P P* **Pia mater, die das Rückenmark rings umhüllt.** *Ra* **Vordere Wurzelbündel.** *V* **Vorderstrang.** *S* **Seitenstrang.** *H* **Hinterstrang. Die querdurchschnittenen Nervenfasern der weissen Stränge sind nicht gezeichnet (Vergl. Fig. 235 u. Fig. 237).** *m* **mediale Ganglienzellengruppe der Vordersäule.** *l* **laterale Zellengruppe.** *L* **Seitensäule.** *A* **Wurzelbündel des N. accessorius.** *Pr* **Processus reticularis.** *Rp* **hintere Spinalnervenwurzel.** *g* **Blutgefäss mit derselben den Apex columnae posterioris bildend.** *pl* **longitudinale Bündel der Hintersäule.** *Fg* **Funiculus gracilis.**

traler Ependymfaden, umgibt als eine cylindrische Hülle den Centralkanal seiner ganzen Länge nach. Unterhalb der Lumbalanschwellung hat sie auf dem Querschnitt die Form einer Ellipse, die in der Richtung von vorn nach hinten etwa um die Hälfte länger ist, als von links nach rechts (Fig. 234 *Sgc*), und ziemlich scharfe Grenzen. Weiter aufwärts stellt sie im Allgemeinen eine quere Ellipse dar und verliert sich unbestimmter in die umgebenden Theile. Ihr Flächeninhalt wächst von unten bis zur Mitte des Conus medullaris, bleibt im Uebrigen ziemlich constant bis zum Dorsaltheile, woselbst eine bedeutende Verminderung, und im Cervicaltheile wiederum Zunahme stattfindet.

Fig. 234.



Horizontalschnitt durch den Conus medullaris des Rückenmarks. Blutgefässe mit Leim und Carmin injicirt. Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 15. *Fp* Fissura longitudinalis posterior. *Sgc* Substantia gelatinosa centralis mit dem Centralkanal; die vordere und hintere Commissur enthalten Blutgefässe. *Fa* Fissura longitudinalis anterior. *Asp* Arteria spinalis anterior auf dem Querschnitt. *V* Vorderstrang. *S* Seitenstrang. *H* Hinterstrang. *A* Vordersäule. *B* Hintersäule.

Zunächst an die Epithelialzellen schliesst sich eine Lage längslaufenden fibrillären Bindegewebes; weiter nach aussen überwiegen die querlaufenden, zu einer ringförmigen Schicht geordneten Ausläufer der Bindegewebszellen, zwischen welchen die auf Querschnitten punktförmig erscheinenden Längsfasern eingelagert sind.

Die Substantia gelatinosa centralis enthält nur wenige, meist longitudinal verlaufende, feine doppeltcontourirte Nervenfasern und markhaltige Fibrillen. Ausserdem in ziemlich regelmässigen Abständen kernhaltige Inoblasten der Neuroglia, deren Ausläufer mit denen der Epithelialzellen des Canalis centralis zusammenhängen und ein Netzwerk bilden. Erstere fasrigen Ausläufer sind im Allgemeinen concentrisch geordnet; die der Epithelien durchsetzen diese Lagen in radiärer Richtung und sind zum Theil bis an die äusseren Grenzen der Substantia gelatinosa zu verfolgen.

Der Centralkanal erscheint auf dem Querschnitt als microscopische, in verschiedenen Höhen des Rückenmarks mannigfach geformte Spalte. Im obersten Cervicalmark ist sie eine mediane Längsspalte; in der Cervicalanschwellung bildet sie ein unter stärkeren Vergrösserungen seiner Form nach erkennbares Dreieck mit vorderer Basis, zwei seitlichen-spitzen und einem stumpfen hinteren Winkel, dessen Schenkel häufig centralwärts eingebogen sind. Im Dorsaltheil nimmt die Querspalte eine unregelmässig rundliche Form an; im unteren Dorsalmark wird sie rautenförmig, wobei die spitzen Winkel nach vorn und hinten, die stumpfen lateralwärts gerichtet sind. Vom oberen Ende der Lumbalanschwellung an überwiegt die Ausdehnung in medianer Richtung: der Kanal stellt wieder eine Längsspalte dar, deren vordere Enden sich ein wenig lateralwärts nach links und rechts ausbuchten.

Am unteren Ende des Conus medullaris nimmt die Erstreckung des Centralkanals in der Richtung von vorn nach hinten zu; und es rückt derselbe der hinteren Längsspalte näher, indem die Commissura posterior sich verdünnt. Schliesslich erweitert sich der Kanal zu einem am untersten Ende des Conus gelegenen, an Präparaten aus 1 %igem doppelt-chromsaurem Ammoniak oder 1 %iger Chromsäure mit freiem Auge wahrnehmbaren **Ventriculus terminalis.** Derselbe verschmälert sich nach oben und unten, hat mehrere (8—10) Mm. Länge, 0,5—2,0, meistens 0,6—1,0 Breite, 0,4—1,1 Tiefe von vorn nach hinten. Am Uebergange des Centralkanals in das obere Ende des Ventrikels ähnelt der letztere zuweilen auf einigen Durchschnitten der Profilansicht eines aufgespannten Regenschirmes oder eines Hutpilzes, dessen Stiel nach vorn gekehrt ist. Dieses Bild kommt zu Stande, indem der einen grossen transversalen Hohlraum darstellende Ventrikel sich in der Medianlinie als mediale Spalte gegen die vordere Commissur erstreckt. Die Spalte wird auf successiven Querschnitten nach unten zu weniger tief, und verschwindet allmälig. Der eigentliche Ventrikel ist gewöhnlich dreieckig, mit nach vorn gekehrter Basis; seltener ist seine Hinterwand nach hinten convex. Letztere wird, wie der ganze Hohlraum, von niedrigerem Flimmer-Epithel bekleidet, dann folgt eine dünne Schicht Substantia gelatinosa und darauf die Pia mater. Das untere Ende des Ventriculus terminalis stellt sich auf Querschnitten als transversale länglich-elliptische Spalte dar; diese wird beim Uebergange in das Filum terminale enger und rundlich; sie bleibt so im oberen Theile des letzteren, verengert sich noch mehr gegen die Mitte der Länge des Filum und endigt blind geschlossen ungefähr an letzterer Stelle. Mitunter stellt der Ventrikel-Querschnitt eine einfache mediane Längsspalte mit erweitertem hinteren Ende dar.

Die früher vielfach discutirten, als Varietät vorkommenden, bis erbsengrossen, von Huber (1741) beschriebenen Anschwellungen dürften einem erweiterten Ventriculus terminalis angehört haben (W. Krause, Arch. f. microsc. Anat. 1875. Bd. XI); zuerst wurde der letztere von W. Krause (1874) beschrieben. An Leichen älterer Personen ist der Ventrikel meist durch Gefäss-Wucherung obliterirt, oder auf eine im Querschnitt T-förmige Spalte reducirt, gegen die von hinten und von beiden Seiten her die Rückenmarkssubstanz wie durch Narbencontraction sich einzieht. — Bei Säugethieren (auch beim Frosch, Reissner, 1864) nähert sich der Centralkanal der Fissura longitudinalis anterior, und soll sich in dieselbe öffnen, beim Menschen dagegen in die Fissura posterior (Stilling, 1856; Clarke, 1859), was niemals stattfindet. Die anscheinend verschiedene Lage bei Säugethieren erklärt sich aus der überwiegenden Entwicklung der für die Haut des Schwanzes bestimmten sensiblen Nervenfasern und zugehörigen Hintersäulen u. s. w., wodurch der Kanal mehr an die Vorderfläche des Conus gedrängt wird. — Der Ventriculus terminalis ist nicht mit dem Sinus rhomboidalis des Vogelrückenmarks zu vergleichen. Letzterer liegt in der Sacralanschwellung, woselbst der Centralkanal bei Vögeln geschlossen ist, und besteht aus gallertigem Bindegewebe. Dagegen sind weitere Untersuchungen nöthig, um zu entscheiden, ob der Ventrikel nicht einen Ueberrest vom unteren Ende des beim Säuger-Embryo entsprechenden Sinus rhomboidalis darstellt.

Was den Zusammenhang der Epithelialzellen mit Bindegewebsfasern betrifft, so ist derselbe bei kleinen Säugern (Hund, Katze, Kaninchen) am deutlichsten im Grunde der Fissura longitudinalis posterior, woselbst sie mit dem die letztere ausfüllenden Bindegewebe sich verbinden. Diese Stelle hat die Bedeutung einer Narbe, durch welche sich der in frühem Fötalzustande rinnenförmige und nach hinten offene Centralkanal geschlossen hat. — Das Epithel des Kanals ist im Säugethiermark an der vorderen Wand nicht höher als an der hinteren.

Beim Menschen ist der Kanal sehr häufig obliterirt. Die Obliteration tritt erst zur Pubertätszeit ein, und ist wohl zu unterscheiden von zufälligen Verstopfungen des Kanals, wie sie durch die Behandlungsmethode, Quellung in Chromsäure etc., schräge Schnittführung, Gerinnselbildung und etwaige Ablösung der Epithelien in Folge von Fäulniss vorgetäuscht werden kann. Da die Säugethiere solche Verwachsungen nicht darbieten, so sind Manche geneigt, die Obliteration für ein Kunstproduct zu halten. Man kann aber nicht selten Blutgefässe in der Ausfüllungsmasse und ein partiell erhaltenes, stellenweise doppeltes Lumen des Kanals nachweisen. Uebrigens ist der Kanal stellenweise sehr eng, und sein Lumen betrug z. B. am Ursprung des siebenten Dorsalnerven bei einem 22jährigen Manne nur 0,011. Hiervon abgesehen, so ist es erforderlich, das Rückenmark unmittelbar nach dem Tode mit der Dura mater in H. Müller'scher Flüssigkeit, dann in Alkohol zu härten, und bei dem gleichen Verfahren zeigen Kinder und Thiere offene Lumina. Die Form des Kanals aber ändert sich nicht durch die Obliteration.

Die **Commissura anterior,** vordere Commissur, liegt vor der Substantia gelatinosa centralis und füllt den Raum zwischen letzterer und dem Grunde der Fissura longitudinalis anterior. Sie besteht aus einem hinteren Theile, der Commissura anterior grisea und einer vorderen Abtheilung (Fig. 233 *caa*), der vorderen weissen Commissur.

Die **Commissura anterior alba,** vordere weisse Commissur, Commissura anterior schlichtweg, begrenzt die vordere Längsspalte des Rücken-

Duval. M., Recherches sur le sinus rhomboïdal des oiseaux – Journ. de l'Anat. et de la Phys. 1877. Nr. 2.

marks und wird von Bündeln varicöser Nervenfasern gebildet, die im Ganzen transversal verlaufen. Die Dicke der weissen Commissur in der Richtung von hinten nach vorn nimmt vom unteren Ende des Conus medullaris nach oben hin zu, erreicht ihr Maximum in der Lumbalanschwellung, vermindert sich am unteren Ende des Dorsaltheiles, und bleibt dann im letzteren constant, um im Cervicaltheil wieder etwas zuzunehmen. Erst in der Höhe des ersten Cervicalnerven wird die Zunahme eine stärkere, und nach oben geht die Commissur in die beginnende Pyramidenkreuzung der Medulla oblongata über. Eine durch Eintritt der vorderen Nervenwurzeln bedingte Dickenzunahme lässt sich nicht nachweisen. Die grösste Ausdehnung in transversaler Richtung erreicht die Commissur in der Cervicalanschwellung, speciell in der Höhe des siebenten Cervicalnerven.

Sämmtliche die Commissura anterior alba constituirenden transversalen Nervenfasern sind Kreuzungsfasern, die von der rechten Rückenmarkshälfte in die linke und umgekehrt übertreten. Und zwar kommen sie zunächst aus der grauen Substanz — grösstentheils der Vordersäule —, während sie ihren Weg im Vorderstrang der entgegengesetzten Seite fortsetzen. Sie biegen dabei ziemlich plötzlich aus der transversalen in die aufsteigende Richtung um (Fig. 233 *u*), und hierdurch erhält der Vorderstrang an seiner hinteren Ecke fortwährend neue Fasern beigemischt (wodurch seine Massenzunahme von unten nach oben wesentlich bedingt wird). — Die Richtung der queren Fasern ist aber keineswegs eine rein horizontale, noch weniger eine ausschliesslich transversale. Geht man ihnen von der Medianlinie aus nach, so führen jederseits Faserzüge einestheils zu der erwähnten Ecke des Vorderstranges, anderentheils zur grauen Substanz. Der Verlauf der letzteren Fasern von der Medianlinie ab ist verschieden. Die meisten biegen sich vorwärts zum vorderen Theile der Vordersäule, gegen die dort gelegenen Ganglienzellengruppen oder zwischen dieselben vordringend und scheinbar in Continuität mit den vorderen Nervenwurzeln. Andere Fasern gehen nach rückwärts und lateralwärts gegen den hinteren Theil der Seitenstränge resp. den Processus reticularis oder direct lateralwärts gegen die mediale Grenze der ersteren. In beiden Fällen durchziehen sie lateralwärts vom Canalis centralis resp. an den Grenzen zwischen Vorder- und Hintersäule die graue Substanz. Dabei halten sie zugleich eine sehr schräg aufsteigende Richtung ein. Auf diese Art geschieht es, dass viele Fasern von hinten lateralwärts in die Commissur eintreten und sie in der entgegengesetzten Körperhälfte vorn resp. in der Richtung nach oben wieder verlassen. Indem alle diese Faserzüge sich durchsetzen und diejenigen der linken Körperhälfte sich mit den rechtsseitigen durchflechten resp. überkreuzen, entsteht an den lateralen Grenzen der Commissur eine mehr pinselförmige Ausbreitung nach vorn, lateralwärts und hinten, zugleich aber, wie verticale Schnitte lehren, auch nach oben und unten, während die Fasermasse in der Nähe der Medianebene als ein wesentlich transversaler Faserzug, in welchem die Kreuzungen in Winkeln von nur 5—8° geschehen, sich hervorhebt. Nach Analogie mit der Pyramidenkreuzung zu urtheilen, erfolgt durch die vordere weisse Commissur nebenbei der Uebertritt von Fasern aus dem linken Seitenstrange, wahrscheinlich auch Hinterstrange, zum rechten Vorderstrange (und umgekehrt in Bezug auf die Körperhälfte), und ausserdem nicht nur eine Verbindung der gangliösen Massen in der linken und rechten Vordersäule, sondern hauptsächlich die Ueberleitung von Fasern aus der letzteren in den entgegengesetzten Vorderstrang.

Die vordere Commissur enthält auch einzelne Längsfasern; theils isolirt, theils zu kleinen Bündeln vereinigt. Sie sind als abgetrennte Theilchen der

Vorderstränge zu betrachten, und stärkere solche Bündel umgeben in einigem Abstande, wie ein nach vorn concaver Halbring, den Grund der vorderen Längsspalte in der Lumbalgegend, am deutlichsten im Conus medullaris.

Bei Säugethieren lösen sich die hintersten Bündel des linken und rechten Vorderstranges als zwei sehr auffallende, auf dem Querschnitt rundlich-ovale, in der Commissur gelegene grössere Nervenfaserbündel von ersterem ab. Isolirte verticale Nervenfasern stärksten Kalibers reichen z. B. im Lumbaltheil des Hundes in der Medianlinie dicht an die Epithelialzellen des Centralkanals (sog. Ependymfasern, Goll, 1860). Seit Kölliker (1850) und Clarke (1850) ist vielfach ein Uebertritt von Fasern der vorderen Wurzeln in die Commissura anterior alba behauptet. Schwächere Vergrösserungen zeigen denselben in der That fast in jedem Horizontalschnitt scheinbar ganz evident. Sehr starke optische Hülfsmittel lassen aber an feinen Carmin-Präparaten, wenigstens bei Wiederkäuern, die Fasern der Wurzeln als stärkere Axencylinder von den feineren der Commissur unterscheiden, und dann ergibt sich, dass jene stärkeren Fasern niemals in den Vorderrand der Commissur übertreten, sondern stets aufwärts oder abwärts umbiegen, um den grossen Ganglienzellen der medialen Gruppe der Vordersäule zuzustreben.

Hätte die vordere weisse Commissur die Bedeutung einer Kreuzung der linken und rechten Vorderwurzeln, wobei die Hälfte der Fasern jeder Wurzel auf die entgegengesetzte Rückenmarkshälfte überginge, so müsste die Dicke der Commissur in der Richtung von vorn nach hinten an den Anschwellungen, wo stärkere Nerven eintreten, bedeutend zunehmen. Vorausgesetzt, die Dicke der Nervenfasern in den Vorderwurzeln und in der Commissur wäre dieselbe (erstere beträgt 0,007—0,020, im Mittel 0,015, Stilling, 1859; oder im Cervicaltheil 0,01 bis 0,02, im Mittel 0,016—0,018, Goll, 1860; letztere 0,007—0,020, im Mittel 0,013, Goll, 1860), so müsste die Commissur in der ganzen Höhe des VIII.—V. Cervicalnerven um 0,3 dicker sein, als im Dorsaltheile. Die Zunahme ist aber viel geringer 0,2 : 0,15, und diese ist schon aus dem Umstande zu erklären, dass im Halstheile, überhaupt in der Richtung nach oben, eine geringe Dickenzunahme stattfindet, die mit beginnender Pyramidenkreuzung ohne Messung evident wird.

Die Sache ist um so mehr von fundamentaler Wichtigkeit, weil eine nachgewiesene halbe Kreuzung der Rückenmarks-Vorderwurzeln eine homologe bei den motorischen Hirnnerven (S. letztere) würde erschliessen lassen.

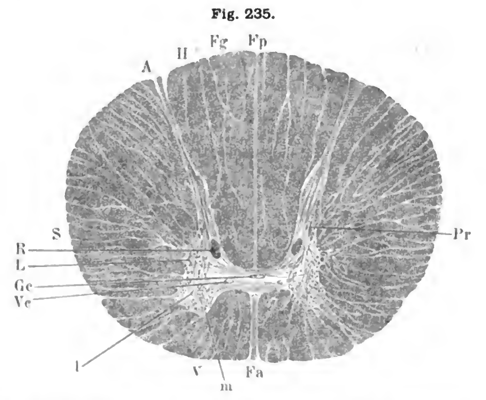
Die **Commissura anterior grisea,** vordere graue Commissur, Commissura anterior accessoria, vorderer Theil der hinteren Commissur (Fig. 233 *cag*), liegt vor dem Centralkanal, zwischen der Substantia gelatinosa centralis und der Commissura anterior alba. Sie lässt sich lateralwärts nicht so weit als letztere verfolgen, ist grau, besteht aus Neuroglia, wie die hintere graue Commissur, und enthält feinere varicöse Nervenfasern, die in transversaler Richtung meist einzeln verlaufen. Ihre Dicke schwankt ein wenig; am besten grenzt sie sich an Alkohol-Pikrocarmin-Präparaten ab.

Die **Commissura posterior grisea,** hintere graue Commissur oder hintere Commissur schlichtweg, liegt hinter (Fig. 233 *cp*) der Substantia gelatinosa centralis. Sie enthält viel granulirtes Bindegewebe, querverlaufende Züge feiner doppeltcontourirter Nervenfasern, die lateralwärts theils in die hinteren Wurzeln übergehen, theils eine aufsteigende oder absteigende Richtung einschlagen, theils in die graue Masse der Basis der Hintersäule einstrahlen. Auf Längsschnitten des Rückenmarks bilden ihre Faserquerschnitte an der hinteren Grenze der Commissur eine continuirliche Masse. Ausserdem führt die Commissur manche schräg gerichtete, einzeln verlaufende Nervenfasern. Ihre Dicke von vorn nach hinten ist am grössten am Conus medullaris in der Höhe des N. sacralis III und IV, wo sie aber von der Substantia gelatinosa centralis nicht scharf gesondert werden kann; sie ist dicker in der Lumbalanschwellung als in der Cervicalanschwellung, und in letzterer mächtiger wie im Dorsaltheil. Ihre Dicke correspondirt annähernd mit derjenigen der hinteren Nervenwurzeln in verschiedenen Höhen, und es ist anzunehmen, dass die Hälfte aller dieser Wurzelfasern auf die entgegengesetzte Rückenmarkshälfte übertritt.

Die **Vordersäulen,** *Columnae anteriores*, Vorderhörner, Cornua anteriora, haben jede die Gestalt einer unregelmässigen, im Allgemeinen vierkantigen Säule, deren Form in verschiedenen Höhen des Rückenmarks wechselt (Fig. 233, 234, 235, 236). Im oberen Halstheil und im Dorsaltheil ist ihr vorderes Ende spitz ausgezogen; in den übrigen Abschnitten sind sie nach vorn und lateralwärts mehr oder weniger convex abgerundet. Nach hinten hängen sie continuirlich mit der grauen Substanz der Hintersäulen zusammen. Ihr Flächeninhalt nimmt vom unteren Ende des Conus bis zur Höhe des N. sacralis I continuirlich zu, erreicht daselbst sein Maximum (14,6 Quadrat-Mm., Stilling),

sinkt weiter aufwärts im ganzen Dorsaltheil (auf 2,0), erhebt sich in der Cervicalanschwellung und am höchsten am N. cervicalis V—VI (11,4), um gegen den dritten Cervicalnerven hin wieder (auf 5,7) zu fallen.

Fig. 235.



Horizontalschnitt durch den Dorsaltheil des Rückenmarks. 2 %iges doppelt-chromsaures Ammoniak, Wasser, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 80/7. Die weisse Substanz ist dunkel, die graue hell. *Fp* Fissura longitudinalis posterior. *Fg* Funiculus gracilis. *H* Hinterstrang. *A* Apex columnae posterioris. *S* Seitenstrang. *R* Respirationskern. *L* Seitensäule. *Gc* Substantia gelatinosa centralis. *Vc* Vena centralis. *l* laterale Ganglienzellengruppe der Vordersäule; die Zellen erscheinen wie Punkte. *V* Vorderstrang. *m* mediale Zellengruppe der Vordersäule. *Fa* Fissura longitudinalis anterior. *Pr* Processus reticularis.

Die graue Substanz der Vordersäulen besteht aus Neuroglia, enthält ein feines, aus den Protoplasmafortsätzen ihrer Ganglienzellen hervorgehendes, fibrilläres Netzwerk. Letztere Zellen zeichnen sich durch Anzahl und Grösse aus; sie liegen in mehr regelmässigen Abständen von einander und sind multipolar. Ihre Anzahl steigt in den Anschwellungen.

Sie beträgt z. B. in Querschnitten des Cervicaltheils von 0,02—0,06 Dicke 28 in der Höhe des N. cervicalis I., 38 am achten und 140 am sechsten Cervicalnerven (Goll, 1860).

Die Ganglienzellen selbst haben abgeplattete, annähernd ellipsoidische Zellenkörper, deren Längsaxe senkrecht gestellt ist. Von einer der comprimirten Flächen geht an jeder Zelle ein einziger Axencylinderfortsatz aus, um meist in rechtem Winkel umzubiegen. Häufig ist sein Verlauf in der Richtung nach vorn festzustellen, und in seltenen Fällen gelingt es, den Fortsatz an Carmin-Präparaten als Axencylinder in eine vordere Nervenwurzel zu verfolgen. Daher werden diese grossen Zellen der Vordersäulen als *motorische* bezeichnet. Ob alle Axencylinderfortsätze diese Richtung nehmen, ist mit den gegenwärtigen Methoden nicht direct zu entscheiden, und lässt sich dafür nur anführen: einerseits, dass die Zahl der Ganglienzellen den eintretenden Wurzelfasern (mit Berücksichtigung des Abstandes der letzteren untereinander) proportional zu sein scheint. Und andererseits, dass z. B. im Ursprungsgebiet des N. cervicalis VI sich ungefähr eben so viele Ganglienzellen wie eintretende Axencylinder der Vorderwurzeln finden.

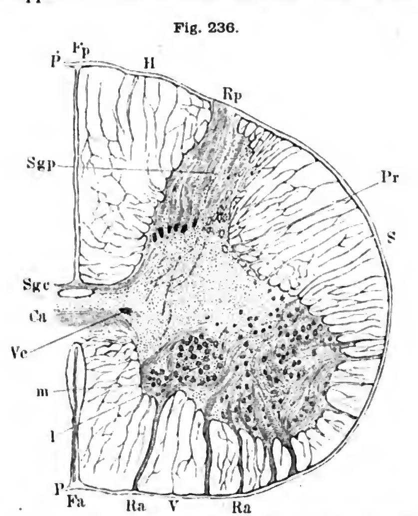
Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen können eine Strecke weit mit den in die Vordersäule eintretenden vorderen Nervenwurzeln verlaufen, um dann in die Längsrichtung nach oben oder unten umzubiegen. Sie sind von vielen Beobachtern für Axencylinderfortsätze gehalten worden (z. B. Henle, Nervenlehre, 1871, Fig. 22).

Die vielfach verästelten, über weite Strecken zu verfolgenden Protoplasmafortsätze fahren nach allen Richtungen des Raumes aus einander (Fig. 241). Die Zellenkörper selbst enthalten einen grossen rundlich-ellipsoidischen Kern mit Kernkörperchen und eine gelbliche, meist seitlich neben dem Kern angehäufte, seltener fast den ganzen Zellenkörper einnehmende oder sich in die Protoplasmafortsätze bis zu deren Aesten erster Ordnung erstreckende, auch wohl tiefer bräunlich gefärbte Pigmentkörnchen-Masse.

Deutlicher oder weniger deutlich werden die Ganglienzellen durch die in die Vordersäule eintretenden vorderen Nervenwurzeln in mehrere Gruppen gesondert.

Constant in jeder Höhe der Medulla findet sich eine kleine *mediale Gruppe* am vorderen medialen Winkel der Vordersäule (Fig. 233 *m*. Fig. 235 *m*. Fig. 236 *m*), welche auf dem Querschnitt jedesmal 5—20 Ganglienzellen erkennen lässt, während im untersten Theil des Conus medullaris die Gruppe nur durch eine oder wenige Zellen repräsentirt wird. Die übrigen Ganglienzellen der Vordersäule werden als *laterale Gruppe*, hintere oder äussere Gruppe, vordere und laterale Gruppe, zusammengefasst; sie sind im Dorsaltheil (Fig. 235 *l*) unregelmässig zerstreut; im Lumbar- und Sacraltheil werden sie durch die eintretenden Wurzeln in zwei oder mehrere, zum Theil sehr bestimmt geschiedene rundliche Abtheilungen gesondert, welche sogar mit freiem Auge erkannt werden können (Fig. 236 *l*). An der Lumbalanschwellung hat die äussere Grenze der lateralen Gruppe eine schräg von vorn nach hinten und lateralwärts ziehende Richtung, wobei die hintersten Zellen in eine Frontalebene mit dem Centralkanal hineingelangen.

Fig. 236.



Horizontalschnitt durch eine Hälfte der Lumbalanschwellung des Rückenmarks. Alkohol, Pikrocarmin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 200/10. *Fp* Fissura longitudinalis posterior. *P P* Pia mater. *H* Hinterstrang. *Rp* Hintere Nervenwurzel, deren mediale Bündel nach aufwärts umbiegend zu longitudinalen werden. *Pr* Processus reticularis. *S* Seitenstrang. *Ra Ra* Bündel der vorderen Nervenwurzel. *V* Vorderstrang. *Fa* Fissura longitudinalis anterior mit einer Arterie. *m* kleine mediale Ganglienzellengruppe der Vordersäule. Lateralwärts dicht daneben eine grössere rundliche Gruppe *l*, die den lateralen Zellen angehört. *Vc* Vena centralis. *Ca* Commissura anterior. *Sgc* Substantia gelatinosa centralis mit dem Centralkanal. *Sgp* Substantia gelatinosa der Hintersäule.

Diese Zellen sind nicht mit denen der Seitensäule zu verwechseln. — Im Cervicaltheil ist die Vertheilung eine ungleichmässige, insofern 4—8 kleinere

Gruppen (Fig. 233 *l*) sich unterscheiden lassen, deren Zahl und Zusammensetzung jedoch sehr wechselnd ist und die nur kurze, der Längsrichtung des Cervicalmarks folgende Zellensäulen bilden.

Die **vorderen Nervenwurzeln** oder die centralen Bahnen der vorderen Spinalnerven innerhalb des Rückenmarks (Fig. 233 *Ra*) treten in schräg aufsteigender Richtung von vorn nach hinten und oben jederseits durch den weissen Vorderstrang und dringen in die graue Substanz der Vordersäule ein. Sie bilden mit der Längsaxe des Rückenmarks einen constanten, nach unten offenen, spitzen Winkel, wie immer die aus dem Rückenmark frei heraustretenden Bündel verlaufen mögen. Nur am unteren Ende des Conus ändert sich dies Verhältniss insofern, dass die Wurzeln der Nn. sacralis V und coccygeus mehr senkrecht innerhalb der Vorderstränge aufsteigen. Abgesehen von der Richtung nach oben weichen manche Vorderwurzeln auch lateralwärts ab, namentlich am N. cervicalis I (S. 406. Fig. 240). Jede vordere Wurzel besteht aus einer Anzahl von Bündeln, die im Sulcus lateralis anterior als senkrecht gerichtete platte Bänder eintreten, deren obere und untere Kanten zugeschärft sind. Vor dem vorderen Rande der grauen Vordersäule theilen sie sich manchmal in mehrere feinere anastomosirende Faserzüge. Das am meisten lateralwärts gelegene Bündel wird zur Abgrenzung des Vorderstranges vom Seitenstrange innerhalb der weissen Substanz benutzt.

Die Nervenfasern und Axencylinder der Vorderwurzeln gehören vorwiegend zu den stärkeren; ihre Durchmesser betragen für erstere 0,0045—0,015, für letztere 0,0015—0,0045. Nach ihrem Eintritt in die graue Substanz der Vordersäule strahlen sie in einzelnen Fasern und kleinen Bündeln pinselförmig aus einander, trennen und umspinnen die Ganglienzellengruppen und ändern fortwährend ihre Verlaufsrichtung, indem sie gewunden aufwärts und abwärts, lateralwärts und medianwärts, dabei zugleich von vorn nach hinten sich erstrecken. Sie tragen auf diese Art am meisten zu dem Bilde des complicirten Fasergewirres bei, welches jeder Querschnitt einer Vordersäule (Fig. 233, Fig. 236) darbietet. Gleichwohl resultirt aus allen diesen Biegungen nichts weiter als die Möglichkeit, dass jede Ganglienzelle und Ganglienzellengruppe der in verticaler Richtung continuirlichen Vordersäule mit Axencylindern resp. Nervenfasern sich verbindet, obgleich die Vorderwurzeln nicht continuirlich, sondern in einzelnen Bündeln eintreten. Sieht man eine kleine Faserabtheilung in eine Ganglienguppe hineingehen, so wiederholt sich auch in dieser die pinselförmige Ausstrahlung.

Die Bahnen der *Wurzelfasern* durchkreuzen sich innerhalb der Vordersäulen einestheils mit den lateralen Ausstrahlungen der Commissura anterior (S. 383), andererseits mit Faserzügen, die aus der grauen Substanz der ersteren in die Seitenstränge übertreten. Ausserdem enthält die graue Substanz einzeln verlaufende, longitudinal und schräg aufsteigende Nervenfasern stärkeren Kalibers, zuweilen einige solche neben einander. — An den Anschwellungen des Rückenmarks, namentlich an der unteren, lassen sich die eintretenden Nervenwurzeln in drei Abtheilungen bringen. Nach Abzug derjenigen Fasern, die schon in den der Grenze zunächst gelegenen Ganglienzellen endigen. Die *medialen* Fasern gehen medianwärts und lateralwärts neben der medialen Zellengruppe vorbei und schlagen die Richtung gegen die vordere Commissur ein, in die sie scheinbar (S. 384) übertreten können, während in Wahrheit eine Unterbrechung der Fasercontinuität durch Ganglienzellen stattfindet. Einige der *mittleren* Fasern gehen mehr horizontal gerade nach hinten gegen den Anfang der Hintersäule (Fig. 236), während die übrigen sich pinselförmig ausbreiten. Die *lateralen* Fasern bilden die Hauptmasse: sie wenden sich

lateralwärts zwischen die Ganglienzellen der lateralen Gruppe; einige ziehen gegen die mediale Grenze des Seitenstranges, biegen sich in lateralwärts convexem Verlaufe um die am meisten lateralwärts gelegenen Zellengruppen und strahlen auf- oder absteigend nach vorn oder nach hinten zwischen die Zellen hinein. Auch von den lateralen Fasern erstrecken sich einige weit rückwärts gegen die Hintersäule.

Die **Seitensäulen,** mittlere Hörner, seitliche Hörner, Tractus intermediolaterales, untere Accessoriuskerne, finden sich im Cervicalmark (Fig. 233 *L*), sowie nach unten abnehmend im Dorsalmark (Fig. 235 *L*). Jederseits stellen sie eine laterale, auf dem Querschnitt dreiseitige Hervorragung am hinteren lateralen Theile der Vordersäule dar. Die Spitze ragt in den Seitenstrang hinein, das hintere Ende der Basis erstreckt sich zur grauen Hintersäule. Die Seitensäule besteht aus multipolaren Ganglienzellen, die wenig kleiner sind als die der Vordersäule, aus Neuroglia, Nervenfasern und Bündeln von solchen; dazwischen sind kleinere Ganglienzellen zerstreut. Manche Ganglienzellen sind spindelförmig; solche erstrecken sich längs einstrahlender horizontaler Faserbündel in die Substanz des Seitenstranges und die Grenze des letzteren gegen die Seitensäule ist daher zackig und etwas unbestimmt. Im unteren Cervical- wie im oberen Dorsalmark ragt das Zellenlager als ziemlich abgegrenzter länglicher Vorsprung medianwärts in die graue Substanz der Vordersäule; diese Zellen folgen ebenfalls der Verlaufsrichtung von Nervenbündeln, die mit der vorderen Commissur zusammenhängen, und zwar sind die medialen Zellen transversal, die mehr lateralen sagittal mit ihrer Längsaxe gestellt.

Die Seitensäule bildet die Ursprungsstelle für die im Rückenmark entstehenden aufsteigenden Wurzelfasern des *N. accessorius.* Ihre Ganglienzellen sind motorische; die Axencylinderfortsätze gehen in dicke doppeltcontourirte Fasern über. Im Halsmark sind stärkere, aus solchen Fasern bestehende, verticale Bündel nach hinten und lateralwärts vom Zellenlager erkennbar, welche schräg lateralwärts in den Seitenstrang einstrahlen, in letzterem aufsteigen und in die austretenden Wurzeln des N. accessorius übergehen. Nach aufwärts nähern sie sich mehr und mehr der horizontalen Richtung, treten seitlich aus und sind auf Querschnitten (Fig. 233 *A*) analog den vorderen Spinalwurzeln auf längere Strecken zu verfolgen. Im Dorsalmark werden die genannten Bündel nach abwärts feiner, steigen fast vertical auf und bestehen zum Theil nur noch aus wenigen Nervenfasern.

Die **Hintersäulen,** *Columnae posteriores,* Hinterhörner, Cornua posteriora, haben einen sehr complicirten Bau. Der Flächeninhalt ihres Querschnitts nimmt von unten bis zur Höhe des N. lumbalis V zu, sinkt im Dorsalmark, steigt wieder in der Cervicalanschwellung ohne die Ziffer in der Lendenanschwellung zu erreichen, während dieselbe bei ihrer im oberen Cervicalmark folgenden Abnahme beträchtlicher bleibt als im Dorsalmark. Die überwiegende Flächen-Ausdehnung der Lumbalanschwellung resultirt aber zum Theil nur aus der Anordnung der hinteren Nervenwurzeln, nicht aus dem Ueberwiegen der eigentlichen grauen Substanz.

An der Hintersäule sind in der Richtung von hinten nach vorn zu unterscheiden: der Apex, die Substantia gelatinosa mit den hinteren Nervenwurzeln, die Substantia grisea, lateralwärts der Processus reticularis, medianwärts und gegen die hintere Commissur hin, jedoch nicht in jeder Höhe des Marks, der Respirationskern.

Die gelatinöse Substanz der Hintersäule, S u b s t a n t i a g e l a t i n o s a c o l u m n a e p o s t e r i o r i s s. Rolandii (Fig. 236 *Sgp*) überzieht wie ein

nach vorn offener halber Hohlcylinder das hintere Ende der grauen Substanz der Hintersäule ihrer ganzen Länge nach und trennt sie von den weissen Hinter- resp. Seitensträngen ab. Wo die Form der grauen Hintersäule mehr nach hinten zugespitzt erscheint (Dorsalmark, Höhe des N. cervicalis II etc.), biegt sich der Hohlcylinder an dieser Spitze scharf geknickt nach vorn, statt wie sonst eine bogenförmige Krümmung darzubieten. Diese Krümmung gleicht im Lumbaltheil einem Halbkreise; im übrigen ist sie mehr elliptisch. Die Dicke des Hohlcylinders steigt und fällt ziemlich proportional mit der Flächenausdehnung der ganzen Hintersäule auf ihrem Querschnitt und nimmt mithin an den Anschwellungen zu. Wie die Substantia gelatinosa centralis ist sie durchscheinender, daher in durchfallendem Licht heller als die eigentliche graue Substanz, färbt sich stärker durch Carmin und enthält sparsame, längliche Maschen bildende Blutgefässe. Ihre Grundlage bildet granulirtes Bindegewebe. Abweichend von der Substantia gelatinosa centralis (S. 380) ist ihr Gehalt an grossen spindelförmigen multipolaren Ganglienzellen, die namentlich im Lumbalmark zahlreich sind, mit der Längsaxe ihrer Zellenkörper horizontal gestellt und, den hinteren Rand der gelatinösen Substanz umsäumend, ihre stärksten Protoplasmafortsätze in der Richtung der Grenzlinie gegen die weisse Substanz weitersenden. Auch besitzt sie kleine multipolare Ganglienzellen, aber kein nervöses Fibrillennetz.

Die graue Substanz der Hintersäule, Substantia grisea, geht nach vorn in die der Vordersäule continuirlich über. Eine durch die Längsaxe des Centralkanals gedachte Frontalebene wird als Trennungsfläche angenommen. Die Substanz besteht aus Neuroglia mit Bindegewebszellen, kleinen zerstreut liegenden Ganglienzellen mit Axencylinderfortsatz und sparsamen von mittlerer Grösse, die hier und da zu kleinen Haufen vereinigt sind. Die Zahl der Ganglienzellen ist relativ geringer als in der Vordersäule, doch sind die kleinsten an Schnittpräparaten nicht immer von Bindegewebszellen zu unterscheiden (S. 398). Kleinere Zellen finden sich besonders im Grenzgebiet zwischen Hinter- und Vordersäule. Die mittleren gleichen den Zellen mittlerer Grösse in den Vordersäulen; die grösseren sind multipolar, spindelförmig wie die der Substantia gelatinosa, seltener tetraedrisch und mit mindestens vier Fortsätzen ausgestattet. Einer derselben (Fig. 231 *a*, S. 377) scheint ein Axencylinderfortsatz zu sein. Diese Zellen incl. derer in der Substantia gelatinosa werden wegen ihres muthmaasslichen Zusammenhanges mit den hinteren Nervenwurzelfasern als *sensible Zellen* der Hintersäulen bezeichnet.

Das Netz varicöser und markloser Nervenfibrillen ist in der grauen Substanz der Hintersäulen ausserordentlich fein, dicht und reichhaltig. Einzelne varicöse Nervenfasern durchziehen dieselbe.

Sie sollen nach Gerlach (1870) und Boll (1873) Theilungen darbieten. — Bei Säugethieren hängt im Sacralmark die Substantia gelatinosa beider Hintersäulen durch die Commissura posterior hindurch zusammen.

Die **hinteren Nervenwurzeln,** centrale Bahnen der hinteren Spinalnerven, treten an der hinteren Fläche des Rückenmarks im Sulcus lateralis posterior als rundliches Bündel ein (resp. aus), die Grenze zwischen Hinter- und Seitenstrang bildend. Im Cervical- und Dorsaltheil ist eine verdünnte scheinbare Fortsetzung der Hintersäule bis zu dem genannten Sulcus vorhanden: der *Apex* columnae posterioris (Fig. 233 *Rp*, Fig. 235 *A*). Dieser Vorsprung entsteht theils durch die eintretende hintere Nervenwurzel, wenn nämlich der Querschnitt gerade durch eine solche gelegt wurde. Oder der Apex enthält eine kleine Arterie, die horizontal resp. schräg aufwärts oder abwärts gerichtet nach vorn verläuft. Oder endlich der Apex besteht wesentlich aus Bindegewebe, welches in den eben genannten Fällen die Arterie

oder hintere Wurzel wenigstens begleitet und mit Carmin sich intensiv geröthet zeigt.

Während die vorderen Wurzeln in mehrere Bündel getheilt einzeln das Mark verlassen, ist, wie gesagt, die Masse der hinteren Wurzelfasern in ein compactes mehr cylindrisches Bündel (Fig. 233 *Rp*) vereinigt. Sogleich nach seinem Eintritt in das Mark aber theilt sich dasselbe, die Zweige nehmen eine ähnliche abgeplattete Gestalt wie die der Vorderwurzeln (S. 387) an und die so gebildeten bandförmigen Streifen zeigen auf ihrem Querschnitt ebenfalls die grösste Ausdehnung in senkrechter Richtung. Mannigfaltig anastomosirend und, analog den Vorderwurzeln, immer schräg nach vorn aufsteigend (von welchem Verlauf die Schmerzhaftigkeit der Hinterstränge bei Eingriffen abhängig ist) durchsetzen solche feineren Bündel die weissen Hinterstränge, theilen sich von Neuem an der hinteren Grenze der gelatinösen Substanz, bilden ein Flechtwerk, dessen horizontal gelagerte Züge die geschilderten grösseren Ganglienzellen (S. 389) aufnehmen. An senkrechten Längsschnitten lassen sich im Verlauf der hinteren Wurzelfasern innerhalb der Substantia gelatinosa zwei Hauptrichtungen unterscheiden: untere horizontale und obere schräge Bündel. Beide durchsetzen in der Richtung nach vorn die genannte Substanz. Hier scheidet letztere die horizontalen Faserzüge in Bündel, die durch etwa gleichgrosse Zwischenräume gesondert nach vorn ziehen und zwar sind die medialen Faserbündel medianwärts convex, die lateralen lateralwärts convex gebogen, während die mittleren mehr in der Richtung der Horizontalaxe der Hintersäule, zugleich aber schräg aufsteigend verlaufen. Dadurch entsteht auf dem Querschnitt des Marks eine schon in der Lumbal-Anschwellung (Fig. 236) und namentlich weiter abwärts ausgesprochene Aehnlichkeit mit der flächenhaften Ansicht von Meridianen: die Eintrittsstelle der hinteren Wurzel als Pol betrachtet. Die relativ so starke Entwicklung der Hintersäule im Sacraltheile und ebenso im Conus (Fig. 234), sowie ihre rundlich-kolbige Form auf dem Querschnitt ist hauptsächlich diesem Verlauf der Nervenwurzeln zu verdanken. Wo die Säule nach hinten spitz endigt, verlaufen die Wurzelbündel weniger gebogen und dichter gedrängt (Fig. 233). Die Hauptmasse der medialen und lateralen Bündel gehört den unteren Faserzügen der eintretenden Wurzeln an.

Die *mittleren* Wurzelfasern resp. benachbarte mediale Bündel verlaufen zugleich in der gelatinösen Substanz schräg aufsteigend (S. oben); sie gehen dann theils nach aufwärts, zum kleineren Theile auch nach abwärts umbiegend in longitudinale resp. annähernd senkrechte Bündel feiner variöser Nervenfasern über. Diese *longitudinalen Bündel* (Fig. 233 *pl*) der Hintersäule erstrecken sich nicht continuirlich durch das Rückenmark, obgleich sie auf jedem Querschnitt (Fig. 235, Fig. 236) angetroffen werden, sondern fortwährend nehmen sie von hinten her eintretende Bündel auf und geben nach vorn solche in die graue Substanz der Hintersäule ab. Sie verlaufen theils an der vorderen Grenze der Substantia gelatinosa und bilden auf Querschnitten eine transversale Reihe durchschnittener Faserbündel, theils halten sie sich mehr lateralwärts (Fig. 233) oder bilden (im Sacraltheile) eine isolirte Gruppe von solchen.

Die *medialen* Fasern der hinteren Wurzeln lassen sich auf Querschnitten continuirlich in die Commissura posterior und weiter in die graue Substanz der entgegengesetzten Hintersäule verfolgen (Fig. 233). Es ist nicht zu bezweifeln, dass etwa die Hälfte der Fasern jeder Hinterwurzel diesen Verlauf nimmt, so dass in der genannten Commissur eine beiderseitige halbe Kreuzung stattfindet. Einige Fasern schlagen auch die Richtung gegen die late-

rale Ganglienzellengruppe der Vordersäule oder S-förmig anfangs lateral-dann medianwärts gebogen gegen das laterale hintere Ende der Commissura anterior grisea ein.

Die *lateralen* hinteren Wurzelfasern strahlen zum Theil auch durch die Substanz der Seitenstränge hindurch und sind in der grauen Substanz der Hintersäule nicht weiter verfolgbar (Fig. 236); kleine Bündel verlieren sich gerade nach vorn verlaufend an der hinteren Grenze (S. 389) der Vordersäule, in scheinbarem Zusammenhange mit rückwärts ziehenden Fasern der Vorderwurzeln.

Die Dimensionen der Nervenfasern und Axencylinder unterscheiden sich in den Hintersäulen und hinteren Nervenwurzeln nicht wesentlich von denjenigen in den vorderen Nervenwurzeln (S. 387). Doch sind die geringeren Dimensionen innerhalb der erstgenannten überwiegend und dies gilt auch von den Fortsetzungen der hinteren Nervenwurzeln in die Commissura posterior.

Der Respirationskern, Dorsalkern, Stilling'scher Kern, Clarke'sche Säule, Columna vesicularis posterior, Columna vesiculosa s. vesicularis, ist eine aus Ganglienzellen und Nervenbündeln bestehende Säule, die jederseits vom achten Cervicalnerven bis zum vierten Lumbalnerven abwärts reicht und an ihrem oberen und unteren Ende sich zuspitzend aufhört. In der Höhe des neunten bis zwölften Dorsal- und ersten bis dritten Lumbalnerven ist dieser Kern am deutlichsten und am schärfsten begrenzt; sein Flächeninhalt beträgt daselbst 0,6—0,7 Quadratmillimeter, seine Dicke kann 1 Mm. erreichen.

Der Respirationskern (Fig. 235 *R*) grenzt nach vorn und medianwärts an die Commissura posterior; nach hinten und medianwärts an den Hinterstrang, von welchem derselbe durch ein dünnes Blatt horizontalverlaufender varicöser Nervenfasern getrennt wird; nach hinten auch an die Substantia gelatinosa der Hintersäule; nach vorn und lateralwärts setzt sich der Kern ziemlich scharf gegen die übrige graue Substanz der Hintersäule ab. In der Höhe des dritten und vierten Lumbalnerven kommt derselbe etwas weiter rückwärts und lateralwärts in der Hintersäule zu liegen. — Der Respirationskern ist auf dem Querschnitt rundlich, etwas eckig, elliptisch mit nach hinten gerichtetem spitzeren Pol und zwar folgt die Längsaxe der Ellipse der Richtung nach vorn und medianwärts. Der Kern enthält grössere, meist spindelförmige und pigmentirte Ganglienzellen, deren Längsaxe senkrecht gestellt ist. Die Zellen haben einen feinen Axencylinderfortsatz, dessen Ansatzkegel sehr klein ist; derselbe ist (wenigstens beim Hund) nach vorn und medianwärts gerichtet. Die Dicke des Fortsatzes beträgt 0,007.

Vom vorderen medialen Rande des Respirationskerns verlaufen einzelne Nervenfaserbündel, die besonders in der Höhe der oberen Lumbalnerven deutlich sind, horizontal lateralwärts zu den Seitensträngen, in welchen sie aufsteigen. Im Dorsaltheil zweigen sich von diesen Bündeln kleine Fasermassen ab, um zwischen die Ganglienzellen der Seitensäule einzustrahlen. — Ferner treten in der ganzen Ausdehnung des Respirationskerns Bündel der medialen hinteren Wurzelfasern von hinten her zu dem Respirationskern, den sie umziehen und in denselben eindringen. Endlich sind sowohl im Innern als vor seiner vorderen Grenze (namentlich im mittleren Dorsaltheil) verticale Nervenfasern oder kleine Bündel von solchen vorhanden, und alle genannten Fasern gehören zu den feinen. Nach dem Gesagten scheint der Respirationskern die Verbindung eines Theiles der hinteren Wurzelfasern der Dorsal- und oberen Lumbalnerven sowohl mit den Seitensträngen, als auch mit der Seitensäule derselben Körperhälfte zu vermitteln. Seine Zellen, obgleich sie von beträcht-

licher Grösse sind, werden schon wegen ihrer Lage innerhalb der Hintersäule, deren Centrum sie, wie gesagt, in der Höhe des vierten Lumbalnerven erreichen, als sensible aufzufassen sein.

Hiernach würde der Respirationskern einen Reflexapparat einfachster Art für die Umsetzung von Erregungen, welche die vorderen Hautnerven des Thorax und des Bauches treffen, in Athmungsbewegungen darstellen, wodurch die Beilegung seines Namens sich rechtfertigen lassen dürfte.

In keiner continuirlichen Verbindung mit dem genannten Kern stehen Zellensäulen, die im oberen Cervical- und im Sacralmark an ähnlicher Stelle erscheinen. Sowohl in der Cervical- als in der Lumbalanschwellung fehlen an der entsprechenden Stelle die Ganglienzellen nicht. Sie sind aber klein, zerstreut, bilden durchaus keine bestimmt begrenzte Gruppe. Eine abgegrenzte Zellensäule erstreckt sich dagegen von der Höhe des dritten bis zu den unteren Wurzelfasern des ersten Cervicalnerven. Auch ihre Ganglienzellen sind weniger gross, in der Höhe des zweiten und dritten Cervicalnerven spindelförmig, wobei die stärkeren Protoplasmafortsätze sich horizontal nach vorn und hinten erstrecken. Diese verticale Zellensäule wird als *Cervicalkern* bezeichnet. Derselbe liegt weiter rückwärts in der Hintersäule, dem Processus reticularis gerade gegenüber, also weiter vom Centralkanal entfernt und seine Contouren sind auf dem Querschnitt nicht so scharf begrenzt wie die des Respirationskerns.

Der *Sacralkern* ist eine kleine verticale Ganglienzellensäule, die in der Höhe der oberen Wurzelfasern des N. sacralis III gelegen und ziemlich scharf begrenzt ist; seine Ganglienzellen sind von mittlerer Grösse. Der Kern hat 0,4 Flächeninhalt, sein Querschnitt ist rundlich. Ersterer liegt ungefähr in einer Frontalebene mit dem Canalis centralis lateralwärts von letzterem, ziemlich nahe am Seitenstrang hinter den hintersten Ganglienzellen der lateralen Gruppe der Vordersäule. Die Bedeutung des Sacralkerns ist, wie die des Cervicalkerns, unbekannt.

Processus reticularis, dritte Säule, Seitenhorn (Fig. 233 *Pr*). Jede Hintersäule hat an ihrer lateralen Fläche eine Einschnürung, die auf dem Querschnitt des Markes ungefähr in der Mitte ihrer Längsrichtung erscheint. An dieser Stelle ragen stärkere, netzförmig anastomosirende, grösstentheils bindegewebige Blätter der grauen Substanz in die angrenzende weisse des Seitenstranges hinein, dessen longitudinale Nervenbündel von einander absondernd. Lateralwärts verschmälern sie sich durch Theilung und hören zugespitzt auf. In diesen Blättern verlaufen horizontale und schräg aufund absteigende feine Nervenfasern, die theils in die vordere Commissur, theils in den Seiten- und Hinterstrang überzugehen und einen Faserübertritt aus den letzteren in die Commissur (S. 383) zu vermitteln scheinen. Die Ausdehnung und Entwicklung der Processus reticulares nimmt von unten nach oben successive zu: unterhalb der Lumbalanschwellung fehlend sind sie im Cervicaltheil am meisten ausgebildet.

Das Respirationsbündel ist ein longitudinaler Faserzug, der jederseits aus stärksten doppeltcontourirten Nervenfasern mit dicken Axencylindern und wenigen feinen Fasern besteht. Dasselbe ist in die Medulla oblongata (S. 412) zu verfolgen, verläuft als einfach rundliche oder als vierseitigprismatische Gruppe verticaler Nervenfaserbündel im Cervicalmark abwärts und zwar im vorderen Ende der medialen Innenfläche des Processus reticularis. Als deutlich umschriebenes Faserbündel ist es vom ersten bis vierten Cervicalnerven auf Querschnitten leicht von den mehr feine Nervenfasern führenden benachbarten Bündeln der Seitenstränge zu unterscheiden. Abwärts vom vierten N. cervicalis sind nur noch einzelne feinste aus wenigen Fasern bestehende Bündel zu verfolgen, die denen des Seitenstranges eingelagert sind

und in der Höhe des achten Halsnerven mit einzelnen Fasern aufhören. Das Respirationsbündel scheint hauptsächlich eine Verbindung verschiedener der Respiration dienender Nerven mit dem N. phrenicus zu repräsentiren, welcher am vierten Halsnerven austritt.

Weisse Substanz.

Die drei **weissen Stränge** jeder Rückenmarkshälfte: Vorderstrang, Seitenstrang und Hinterstrang — werden durch die eintretenden Wurzelbündel der Spinalnerven unterschieden und zwar bezeichnet das am meisten lateralwärts gelegene Bündel der vorderen Wurzel die Grenze des Vorder- gegen den Seitenstrang; das am meisten lateralwärts gelegene Bündel der hinteren Wurzel die Grenze des Hinter- gegen den Seitenstrang. In den Zwischenräumen, in welchen keine Nervenwurzeln eintreten, findet eine erkennbare Sonderung des Seitenstranges nur nach innen statt und entwicklungsgeschichtlich entstehen Vorder- und Seitenstrang aus gemeinsamer Anlage.

Die Faserbündel sämmtlicher weisser Stränge sind vorwiegend longitudinal angeordnet. Sie verlaufen jedoch in sehr spitzen Winkeln sich durchkreuzend und Fasern austauschend, welcher Umstand es unmöglich macht, bestimmte Faserzüge auf längere Strecken zu verfolgen. Solche Anastomosen sind nicht mit scheinbaren zu verwechseln, welche auftreten, wenn ein Längsschnitt z. B. zwar parallel der Längsaxe des Rückenmarks, aber nicht dem betreffenden Faserzug genau parallel geführt worden ist, was vorkommen kann.

In allen weissen Strängen sind feine und dicke varicöse Nervenfasern gemischt, deren Axencylinder in nahezu constantem Dickenverhältniss (1 : 3 — 5) zu den Nervenfasern stehen. Letztere bieten auf dem Querschnitt des Rückenmarks in gefärbten Präparaten (Carmin, Goldchlorid, Hämatoxylin, Eisenchlorid etc.), weil nur der Axencylinder sich färbt, während das Mark durch Canadabalsam etc. durchsichtig wird, das eigenthümliche Ansehen von Sonnenbildchen (Fig. 237 *B*). Mit solchen Bildchen erscheint bei starker Vergrösserung jeder Querschnitt weisser Substanz (die in Fig. 233 und 236 hell gelassen, in Fig. 235 dunkel gehalten ist) ausgefüllt.

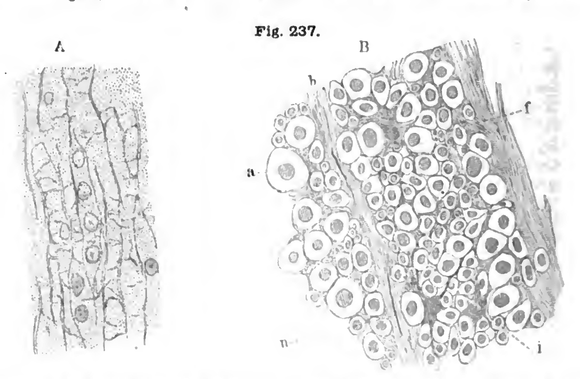
In den Vordersträngen sind die varicösen Nervenfasern am dicksten und ihre Dicke mehr gleichmässig, in den Seitensträngen sind feine und dicke unter einander gemischt und oftmals umgibt ein Kranz von ersteren eine der letzteren. Die Fasern der hinteren Stränge sind nach hinten zu schmaler, in der Nähe der hinteren Commissur dicker; feiner dagegen in den Funiculi graciles (S. unten).

Ausser den Nervenfasern enthält die weisse Substanz Blutgefässe, granulirtes Bindegewebe (S. 397) und in allen Strängen einzelne Ganglienzellen mittlerer Grösse. Am zahlreichsten sind solche in den Seitensträngen, mitunter durch deren mediale Hälfte sich erstreckend: es sind Ausläufer der Seitensäule. Einzelne Zellen kommen an der nicht scharfen, sondern auf dem Querschnitt strahlig-zackigen Grenze der Vordersäule vor, namentlich am vorderen medialen Winkel der letzteren in den Rückenmarks-Anschwellungen. Endlich finden sich zerstreute multipolare Ganglienzellen bis weit hinunter in das Dorsalmark in den Hintersträngen, nahe an deren medialer hinterer Ecke; sie liegen in den zarten Strängen und sind als Anfang von deren Kern (S. Medull. obl. S. 406) anzusehen.

Die **zarten Stränge,** *Funiculi graciles,* Keilstränge, Goll'schen Stränge. Im Cervical- resp. Dorsaltheil des Rückenmarks beginnt bereits microscopisch

nachweisbar die Sonderung bestimmter Faserzüge, die an der Medulla oblongata für das freie Auge sichtbar hervortreten. Die Funiculi graciles (Fig. 233 *Fg*, Fig. 235 *Fg*) lassen sich microscopisch bis zur unteren Hälfte des Dorsaltheiles verfolgen; sie kehren die Basis ihres auf dem horizontalen Querschnitt

Fig. 237.



A Bindegewebe der Vorderstränge des Rückenmarks auf dem Längsschnitt. Alkohol, Hämatoxylin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 800/500. Eine Längsreihe von Kernen und einzelne solche erscheinen zwischen der Faserung. Die Axencylinder sind nicht sichtbar. *B* Querschnitt aus dem Hinterstrang des Rückenmarks nahe dem Vorderende der Fissura longitudinalis posterior. Doppelt-chromsaures Ammoniak, Goldchloridkalium etc., Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 640. *b* Bindegewebige Scheidewände zwischen Nervenbündeln. *a* querdurchschnittene Axencylinder dicker Nervenfasern. *f* solche von feinen Nervenfasern *i* Inoblastenkern in einem querdurchschnittenen und mit Ausläufern versehenen Septum, durch Gold dunkel gefärbt. *n* feine Nervenfaser innerhalb der Scheidewand verlaufend.

keilförmigen Durchschnitts nach hinten; ihre Spitze verliert sich nach vorn, ohne die Commissura posterior zu erreichen. Ihre mediale Begrenzung bildet die Wand der Fissura longitudinalis posterior; ihre laterale stösst an den übrigen Theil des Hinterstranges, von dem der Funiculus gracilis ein abgesondertes Stück darstellt. Sie färben sich lebhafter durch Carmin und enthalten mehr granulirtes Bindegewebe als die übrigen Stränge. Ihre unter diesen Umständen auftretende rothe Farbe ist theils von der Vermehrung ihres Bindegewebes und dessen Kernen, theils und hauptsächlich von der grossen Anzahl rothgefärbter, gleichmässig feiner Axencylinder auf dem Querschnitt abhängig. Die zarten Stränge zeichnen sich nämlich durch das gleichmässig geringe Kaliber ihrer Nervenfasern vor allen übrigen Strängen aus. — Der Rest des Hinterstranges nach Abzug des zarten wird als eigentlicher Hinterstrang oder als Keilstrang bezeichnet.

Die Gesammtdicke der **weissen Stränge** nimmt continuirlich von unten nach oben zu; am auffallendsten ist diese Zunahme längs des Conus medullaris. Die Anschwellungen in der Cervical- und Lumbalgegend kommen wesentlich auf Rechnung stärkerer Entwicklung der grauen Substanz, während die weissen Stränge an diesen Stellen in der Richtung nach aufwärts nicht mehr sich verdicken, als es in der übrigen Medulla der Fall ist.

Obgleich die Zunahme der weissen Substanz in der Richtung nach oben leicht in Zahlen ihres Flächeninhalts auf successiven Querschnitten auszudrücken ist, so ist sie doch nicht allein auf Vermehrung der longitudinalen Nervenfasern zurückzuführen. Vielmehr

sind in Abzug zu bringen: einmal die Dicken- und Längenausdehnung der bindegewebigen Septa (S. 397), zweitens die horizontal verlaufenden vorderen und hinteren Nervenwurzeln, drittens die nicht scharf zu bestimmende Dicken- resp. Breitenausdehnung derjenigen hinteren Wurzelfasern, welche nach ihrem Eintritt eine Strecke weit in den Hintersträngen auf- resp. absteigen, um dann nach vorn umzubiegen (S. 390). Wenn auch diese Fasern nicht dauernd im Hinterstrang verbleiben, tragen sie doch zu dessen Dickendurchmesser wesentlich bei. Es stellt sich nun heraus, dass, trotz der geschilderten successiven Zunahme der weissen Substanz, deren Querschnitt in der Höhe der N. cervicales I—II nur ca. 58 Quadratmillimeter beträgt, — während derselbe das Dreifache betragen müsste, wenn jede Nervenfaser der Rückenmarksnerven sich in unveränderter Dicke bis zum Gehirn fortsetzen würde. Hieraus folgt ohne Weiteres, dass im Rückenmark eine Reduction der Faseranzahl stattfinden muss und zwar scheint aus einer Vergleichung des Dorsalmarks mit der Cervical- und Lumbalanschwellung hervorzugehen, dass die Zunahme der weissen Substanz zwar annähernd proportional der Dicke der eintretenden Nervenwurzeln sich verhält, dass aber — wenigstens im Dorsalmark — auf 6—7 Wurzelfasern nur eine Faser der Stränge hinzukommt. Dabei ist die Zunahme der Faseranzahl in den Hintersträngen etwa doppelt so gross als in den Vordersträngen; die der Seitenstränge aber 12—13 mal so gross.

Die Zunahme erklärt sich durch den Uebertritt von Nervenfasern aus der grauen in die weisse Substanz. Die Vorderstränge wachsen an Dicke an ihrem hinteren Ende vermöge der vorderen Commissur (Fig. 233 *u*); bei den Seitensträngen ist das Umbeugen von Nervenfaserbündeln resp. Fasern, die aus der grauen Substanz nach oben sich wenden, auf Longitudinalschnitten leicht zu constatiren. Die Hinterstränge und zarten Stränge scheinen durch Fasern vermehrt zu werden, welche die grauen Hintersäulen an deren medialen Rändern verlassen und eine Strecke weit in den bindegewebigen Septis innerhalb der Hinterstränge horizontal verlaufen. Dasselbe gilt wie es scheint von der medialen Grenze der Vordersäule gegen den vorderen Theil des Vorderstranges medianwärts von den vorderen Wurzeln.

Der **Faserverlauf im Rückenmark** ist mit den bisherigen anatomischen Methoden nicht aufzuklären und seine Ermittlung fällt der Physiologie anheim, die auch pathologische Thatsachen benutzt. Von anatomischer Seite wäre eine Vorfrage zu beantworten: ob die verschiedene Dicke der Nervenfasern von Bedeutung ist oder ob dieselbe im Verlauf derselben Faser sich ändern kann. Nimmt man Ersteres für die weissen Stränge als erwiesen an, da in denselben keine Fasertheilungen (S. 376) sichergestellt sind, so wird auf Folgendes zu schliessen sein. Die Vorderstränge sind vorzugsweise motorisch, die Hinterstränge sensibel, die Seitenstränge gemischt; alle Stränge aber enthalten sowohl motorische als sensible, sowohl gekreuzte Fasern, als solche, die in derselben Rückenmarkshälfte aufsteigen.

Nur zum Theil bestätigt der Versuch jene anatomische Voraussage. Die wichtigsten der experimentell ermittelten Thatsachen rühren von Ludwig und seinen Schülern her. Derselbe fand mit Miescher (1870), dass in jedem Seitenstrange sensible und (mit Woroschiloff, 1874) motorische Fasern aus beiden Körperhälften verlaufen. Die Seitenstränge enthalten vorzugsweise *lange Bahnen* (S. 371), d. h. solche, die vom Rückenmark zum Gehirn aufsteigen. (Aus den oben angegebenen Zahlenverhältnissen erklärt sich, weshalb Einige den directen Faserzuwachs, den auch die Vorder- und Hinterstränge aus ihren grauen Säulen erhalten, microscopisch nicht constatiren konnten.) Dagegen werden als *kurze Bahnen*, Treppenfasern (Schiefferdecker, 1874), solche bezeichnet, von denen man vermuthet, dass sie benachbarte Ganglienzellenhaufen innerhalb verschiedener Höhen des Rückenmarks selbst in Verbindung bringen.

Die in den Seitensträngen aufsteigenden sensiblen Fasern sind wahrscheinlich solche, die in Tastkörperchen, Endkolben, an Haarbälgen endigen, während die der Vater'schen Körperchen resp. die das Muskelgefühl vermittelnden sensiblen Fasern in den Hintersträngen aufsteigen. Mit Rücksicht auf die Leistungen des Rückenmarks als Reflexmechanismus ist es auch a priori wahrscheinlich, dass *überall eine Zusammenordnung motorischer und sensibler Fasern stattfindet.* Jedenfalls ist nicht daran zu denken, dass bestimmte Stränge sich einfach wie Fortsetzungen der vorderen resp. hinteren Nervenwurzeln verhalten. In Bezug auf die durch gleichmässige Feinheit ihrer Fasern ausgezeichneten zarten Stränge könnte anatomischerseits vermuthet werden, dass sie vasomotorische Nerven führen.

Ferner ist zu erörtern, wie die Nervenfasern entstehen, welche in den weissen Strängen verlaufen. Nur von den vorderen Wurzeln steht es fest, dass sie in den Ganglienzellen der Vordersäulen endigen (S. 385). Dass Axencylinderfortsätze der letzteren auch in die Stränge eintreten (Stieda, 1870) — dafür lässt sich keine beobachtete Thatsache anführen. So bleibt die Vermuthung übrig, es möchten die Axencylinder der weissen Stränge sich aus dem Fibrillennetz zusammensetzen, in welches die Protoplasmafortsätze sich auflösen. Und für die hinteren Wurzelfasern steht nicht einmal der Zusammenhang mit Zellen fest. Seit Gerlach (1868) vermuthen Manche, die sensiblen Wurzelfasern lösten sich direct in das fibrilläre nervöse Netzwerk auf, welches die graue Substanz der Hintersäulen durchzieht. Auch diese Annahme lässt sich mit den jetzigen anatomischen Hülfsmitteln nicht begründen, da keine Theilungen der Axencylinder hinterer Wurzelfasern constatirt sind, obgleich Gerlach (1870) solche von Nervenfasern in den grauen Hintersäulen und Deiters (1865) für die weisse Substanz im Allgemeinen behaupteten.

Die Kenntniss der microscopischen Topographie des Rückenmarks (und der Centralorgane überhaupt) datirt von Stilling (1842), der continuirlich auf einander folgende Querschnitte anzufertigen lehrte, auch den Respirationskern (Dorsalkern, 1843) abbildete. Hannover (1840) verwendete Chromsäure zur Härtung, Clarke (1851) Canadabalsam zur Aufhellung. Die in Zahlen ausdrückbaren Verhältnisse der verschiedenen Abtheilungen des Rückenmarks zu einander, wie sie in der obigen Beschreibung enthalten sind, wurden vorzugsweise Stilling's grossem Werk über das Rückenmark (1856—1859) entnommen. — Im Rückenmark der Wirbelthiere finden sich manche Verschiedenheiten der topographischen Anordnung seiner Bestandtheile, doch bisher keine wesentlichen Differenzen vor. Bei

Säugethieren sind die Unterschiede zwischen verschieden dicken Nervenfasern der weissen Stränge auffallender, das Respirationsbündel und die Accessoriuswurzeln schärfer markirt, auch lässt sich jeder Querschnitt von einem entsprechenden des menschlichen Marks schon durch die Wahrnehmung (S. 384) unterscheiden, dass die vorderen Faserzüge der Commissura anterior eine grössere umschriebene hinterste longitudinale Abtheilung der Vorderstränge vom Haupttheil der letzteren sondern. — Erwähnung verdienen noch die beiden *Mauthner'schen Fasern* der Knochenfische (Mauthner, 1859): eine colossale Nervenfaser mit entsprechend dickem Axencylinder verläuft longitudinal jederseits in der hinteren lateralen Ecke des Vorderhorns und kreuzt sich in der Medulla oblongata mit derjenigen der anderen Seite. Weder Ursprung noch Ende dieser Fasern konnten ermittelt werden. — Ferner zeichnen sich die Vorderstränge von Petromyzon durch einzelne auffallend starke Nervenfasern, *Müller'sche Fasern* (Joh. Müller, 1838) aus, und lateralwärts neben dem Centralkanal erstreckt sich jederseits eine einfache Reihe grösster Ganglienzellen.

Regionen des Rückenmarks. Das Rückenmark bietet in verschiedenen Höhen merkliche Verschiedenheiten, wobei zu bemerken, dass die Uebergänge ganz allmälig geschehen. (Bei Vergleichung der Fig. 233—236 ist auf die verschiedene reelle Vergrösserung Rücksicht zu nehmen.)

Im Conus medullaris überwiegt die gelatinöse Substanz; der Centralkanal ist eine weite Medianspalte, die Vorder- und Hintersäulen sind abgerundet. Letztere überwiegen anfangs an Dicke und Länge; in ersteren sind die multipolaren Ganglienzellen sparsam. Die Commissura anterior alba ist dick, ihre Faserzüge laufen hauptsächlich schräg von hinten nach vorn zur entgegengesetzten Seite, was auch im Sacraltheil noch zu erkennen ist.

Im Sacraltheil und Conus bildet die weisse Substanz einen dünnen, nach oben rasch an Dicke zunehmenden Mantel um die grauen Säulen. Der Centralkanal ist eine Querspalte, die laterale Ganglienzellengruppe der Vordersäulen reicht weit nach hinten, die vordere Grenze der letzteren läuft schräg nach vorn. Eine Seitensäule fehlt; die Processus reticulares und die longitudinalen Bündel der Hintersäulen sind wenig entwickelt; auch der Apex der letzteren fehlt. Ebenso der Respirationskern, während ein kleiner Sacralkern (S. 392) auftritt.

Der Dorsaltheil, weniger der Lumbaltheil, zeichnet sich durch schlanke Form der grauen Säulen aus. In ersterem ist die vom zehnten bis zweiten N. dorsalis sich gleichbleibende Beschaffenheit auffällig. Die weisse Substanz nimmt nach oben zu und überwiegt die graue im Verhältniss von 5 : 1. Gleichen Flächeninhalt haben beide Substanzen in der Höhe des vierten bis fünften Lumbalnerven. Die Funiculi graciles sondern sich im unteren Dorsaltheil, nach oben successive an Breite und Dicke zunehmend. Der Apex columnae posterioris, der Respirationskern, die Seitensäule sind stark entwickelt; die Processus reticulares nehmen zu, die longitudinalen Bündel der Hintersäulen bilden eine mehr sagittal gestellte Reihe. Dünn sind die Commissuren, der Centralkanal rundlich.

In der Cervicalanschwellung nimmt die graue Substanz im Verhältniss zur weissen wieder zu, erreicht am N. cervicalis VII deren halbe Dicke, um nach oben wiederum abzunehmen. Erstere zeigt auf dem Querschnitt die Form einer gebogenen Keule, deren kolbiges Ende sich lateralwärts krümmt. Der Centralkanal ist wieder eine Querspalte, der Respirationskern verschwunden, die hintere laterale Ausstrahlung der Commissura posterior auf dem Querschnitt dreieckig. Die Processus reticulares, Seitensäulen, Accessoriuswurzeln, Respirationsbündel und die zarten Stränge sind noch stärker entwickelt.

Im oberen Cervicaltheil nimmt die bindegewebige Umgrenzung (S. 399) des ganzen Markes an Dicke zu. Die Form der grauen Säulen wird wieder schlanker und in der Höhe des N. cervicalis II ähnelt das Gesammtbild in etwas vergrössertem Maassstabe dem des Dorsalmarks; nur sind die Processus reticulares stärker entwickelt. Vom vierten Cervicalnerven an wird das Respirationsbündel auffälliger; die Seitensäule ist deutlich. auch der Cervicalkern in der Höhe des dritten und zweiten Halsnerven zu bemerken. Der Centralkanal ist noch eine Querspalte, von der sich aber eine Spitze in der Medianebene nach hinten auszuziehen beginnt. Im ganzen Cervicalmark ist der Apex columnae posterioris grösser, die Commissuren sind in transversaler Richtung sehr ausgedehnt, und zugleich dicker als im Dorsaltheil. Vom N. cervicalis VII an durchsetzen Accessoriuswurzeln die weisse Substanz der Seitenstränge in horizontaler resp. schräg aufsteigender Richtung.

Die angegebenen sind die merklichsten Verschiedenheiten unter den Regionen des Rückenmarks; sie machen es leicht, selbst Bruchstücke von Querschnitten unter dem Microscop ihrer ungefähren Höhe im Marke nach zu bestimmen. Schwieriger ist dies auf Längs- und schrägen Schnitten. Zufolge der seitlichen Symmetrie des Rückenmarks ist es dagegen ohne künstliche Merkzeichen unmöglich anzugeben, welches die rechte oder linke Hälfte resp. die untere oder obere Fläche eines Querschnittes ist, während die Richtung nach oben an Längsschnitten wegen der schrägaufsteigenden Richtung der Nervenwurzeln wenigstens an sagittalen Längsschnitten der Vorder- und Hinterstränge leicht erkannt wird.

In der Höhe des N. cervicalis I beginnen Veränderungen der Anordnung, welche den Uebergang des Rückenmarkes in die Medulla oblongata vermitteln. Sie werden bei letzterer beschrieben (S. 403—406).

Das **Filum terminale** enthält die Fortsetzung des Centralkanals, dessen Uebergang in den Ventriculus terminalis (S. 382) bereits erwähnt wurde. Der Kanal reicht etwa bis zur Mitte der Länge des Filum, führt Flimmer-Epithel; er endigt blind geschlossen. Die Substanz des Filum besteht in dieser oberen Hälfte aus granulirtem Bindegewebe mit zahlreichen kleinen vielstrahligen Bindegewebszellen, einzelnen multipolaren Ganglienzellen, die kaum mittleres Kaliber erreichen, sparsamen doppeltcontourirten varicösen Nervenfasern und zahlreicheren sich durchkreuzenden Primitivfibrillen. Am unteren Theile des Filum ist nur Bindegewebe vorhanden, ausserdem Pia mater mit Fortsetzungen der A. u. Vv. spinales anteriores und der Pia angehörigen doppeltcontourirten, mit kernhaltiger Scheide versehenen Nervenfasern, sowie blassen Fasern, die sämmtlich Gefässnerven zu sein scheinen.

Bei manchen Thieren reicht der Centralkanal und das Filum terminale selbst weiter nach abwärts; letzteres erstreckt sich beim Kaninchen längs der dorsalen Fläche von Schwanzwirbeln (Klein, 1872). Nahe unter dem Epithel sind deutliche Ganglienzellen und blasse Nervenfasern vorhanden; letztere treten zwischen die Epithelialzellen, um daselbst zu endigen (Klein, 1872). Das Filum lässt beim Frosch dunkelrandige Nervenfasern im frischen Zustande mit grosser Leichtigkeit erkennen (Kölliker, 1859).

Bindegewebe, Gefässe und Hüllen des Rückenmarks.

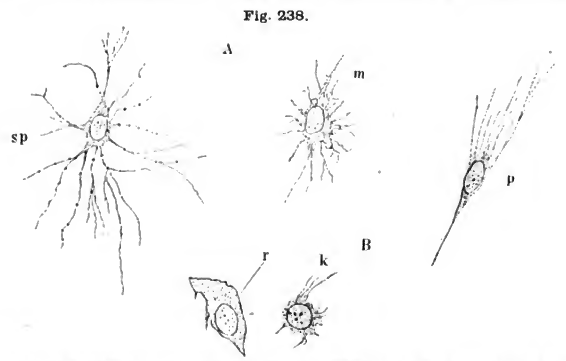
Das granulirte (S. 48) Bindegewebe des Rückenmarks (und Gehirns) wird als *Neuroglia* bezeichnet; es hat in der grauen Substanz eine körnige Beschaffenheit, welche in der weissen wenig ausgesprochen ist. In der letzteren sind zwischen den Längsbündeln der weissen Stränge rundliche körnige *Bindegewebszellen* oder Körner eingelagert, die eine besondere Art von Inoblasten darstellen und denjenigen des N. opticus (S. 175) homolog sind. Theils liegen sie unregelmässig zerstreut, theils in Längsreihen geordnet (Fig. 237 *A*, S. 394) und solche Reihen hören auf, wenn benachbarte Nervenfaserbündel spitzwinklig zusammenfliessen. Diese Zellen sind einestheils von annähernd polygonaler, abgeplatteter Form (Fig. 238 *r*). Andere dagegen besitzen einen relativ grossen kugligen Kern mit einem oder zwei kleinen Kernkörperchen und kommen in verschiedener Form vor. Das Protoplasma erscheint auf eine dünne, den Kern umgebende Kugelschale reducirt (Fig. 238) und von demselben gehen sehr zahlreiche, feinste, durch ihre chemische Beschaffenheit an elastische Fasern erinnernde, sich nur selten theilende fibrilläre Ausläufer aus: entweder büschelförmig nach zwei entgegengesetzten Richtungen, aber dem Nervenfaserverlauf parallel, *bipolare Büschelzellen*, oder nur nach einer Richtung, während nach der entgegengesetzten ein einziger Fortsatz abgeht, *Pinselzellen* (Fig. 238 *p*) oder nach allen Richtungen (*m*). Ueber die *Spinnenzellen* s. unten. Da die Ausläufer sämmtlich in einer Ebene verlaufen, so bilden sie abgeplattete lamellenartige Scheiden. Auf dem Querschnitt zeigen sich die doppeltcontourirten Nervenfasern von kreisförmigem Querschnitt (Fig. 237 *B*) und von ihren Nachbarn durch dünne bindegewebige Septa gesondert. Daraus ist aber nicht zu schliessen, dass ein isolirbares Neurilem vorhanden sei, vielmehr widerspricht das leichte Auftreten von Varicositäten an den Fasern (S. 367) einer solchen Annahme und in der That zeigt der Querschnitt nicht etwa ringförmige structurlose Septa, wie sie als Ausdruck des Neurilems in peripherischen Nervenstämmen (Fig. 260) auftreten, sondern ein feinverzweigtes bindegewebiges Netz (Fig. 237 *B*). Die von zahlreichen Inoblasten-Ausläufern zusammengesetzten Septa erscheinen bei schwächeren Vergrösserungen als sternförmige Zellen und sind häufig für solche gehalten worden. In der That werden die querdurchschnittenen Septa von vielen Ausläufern benachbarter Bindegewebszellen zugleich gebildet; der Kern einer solchen kann im Knotenpunkte liegen (Fig. 237 *B*) und die Aus-

läufer der scheinbaren sternförmigen Zelle sind nicht Fasern, sondern Querschnitte von flächenhaft ausgedehntem Bindegewebe.

Dem Gesagten entspricht das Ansehen des Längsschnitts (Fig. 237 *A*). Auch hier ist kein die Nervenfasern begleitendes continuirliches Neurilem vorhanden, sondern es zeigen sich mehr querlaufende feinste Bindegewebsfasern, die ein Netzwerk bilden und als anastomosirende Ausläufer der betreffenden Bindegewebszellen betrachtet werden müssen.

Das granulirte Bindegewebe der grauen Substanz enthält ebenfalls vieleckige multipolare Inoblasten, deren Ausläufer ein dichtes Netzwerk darstellen. Vorzugsweise kommen Formen vor, wie die bei *k* (Fig. 238) gezeichnete; seltener sind *Spinnenzellen*, deren Ausläufer nach allen Richtungen hin ab-

Fig. 238.



Inoblasten aus dem Bindegewebe der Centralorgane isolirt. V. 1000/600. *A* Aus dem Grosshirn nach Maceration in 0,01 %iger Chromsäure. *sp* Spinnenzelle. *m* Form mit vielen Ausläufern. *B* Nach Maceration in H. Müller'scher Flüssigkeit. *r* und *k* aus der weissen Substanz der Vorderstränge. *p* Pinselzelle aus dem Corpus striatum.

gehen, aber auch nur in einer einzigen Ebene gelegen sind (*sp*). Die Ausläufer sind feinste Fäden, die Theilungen wahrscheinlich meist nur vorgetäuscht, indem zwei oder mehrere Fäden vom Zellenkörper aus eine Strecke weit zusammen verlaufen. Mit Carmin behandelt, färben sie sich nicht; in verdünnter Osmiumsäure (0,1—0,3 %) bleiben sie durchaus glatt; in etwas stärkeren Chromsäure-Lösungen erscheinen sie geknickt, rauh und mit körnigen Anhängen versehen (körnig-fasrig); in sehr verdünnten Chromsäure-Lösungen (Fig. 238 *A*) aber varicös. Dieser Umstand hat einerseits zu Verwechslungen mit kleinsten Ganglienzellen, andererseits vermuthlich zu der Behauptung Anlass gegeben, dass sehr verdünnte Chromsäure ungeeignet sei, um Spinnenzellen zu isoliren.

Die Unterscheidungsmerkmale kleinster Ganglienzellen von Bindegewebszellen der Neuroglia sind nicht bestimmt genug, um im Einzelfalle vor Verwechslungen zu sichern. Streng genommen würde die Nachweisung des Zusammenhanges ersterer mit dunkelrandigen Nervenfasern gefordert werden müssen, aber dieser Nachweis ist selbst bei manchen grossen Ganglienzellen schwer zu führen. Verschiedenes Verhalten gegen Tinctionsmittel ist zwar häufig zu constatiren, im Einzelfalle jedoch natürlicher Weise nicht zu benutzen. Ganglienzellen färben sich intensiver durch Chromsäure (Bidder und

Kupffer, 1857) oder Carmin (Goll, 1860). Am meisten entscheidet sich das geübte Auge nach der Rücksicht, dass die Ganglienzellen mehr Körper haben: ihr Leib ist relativ zum Kern stärker und massenhafter. Dazu sind die Bindegewebszellen mehr abgeplattet, ihr Kern mehr länglich-ellipsoidisch und sieht nur auf seinem optischen Querschnitt rund aus. Endlich sind die Fortsätze der Ganglienzellen relativ dicker und verästeln sich, während diejenigen der Inoblasten sich selten theilen und, wenn sie etwas breiter erscheinen, ebenfalls abgeplattet sind.

Virchow (1853) führte den Namen »Neuroglia« ein; früher hielt man letztere zuweilen für structurlos. Die wahre Form ihrer Bindegewebszellen (Deiters'sche Zellen) wurde von Frommann (1864, 1865) und Deiters (1865) erkannt; die Spinnenzellen unterschied Jastrowitz (1870). — Boll (1873) schrieb dem gleich zu erwähnenden peripherischen Bindegewebe ein aus Nervenfibrillen bestehendes Netz zu.

An seiner ganzen *Peripherie* wird das Rückenmark von einer 0,02—0,04 dicken Lage granulirten Bindegewebes überzogen, welches die Pia mater mit den weissen Strängen verbindet, und mit den Fortsätzen zusammenhängt, die von der Pia in letztere einstrahlen. Auch die Vorder- resp. Hinterstränge werden gegen die Fissuren von solchem abgegrenzt.

Ferner ragen im Umfange der grauen Säulen bindegewebige *Septa* zwischen die Nervenbündel der weissen Stränge hinein, theilen sich und anastomosiren. Durch dieselben erhalten auf dem Querschnitt die Ränder der grauen Säulen ein zackiges, strahliges Ansehen. Durch die von innen und von aussen in die weissen Stränge einstrahlenden Septa entsteht das gefächerte Aussehen, welches erstere auf dem Querschnitt darbieten (Fig. 233, Fig. 235, Fig. 236).

In den bindegewebigen Septis verlaufen einzelne Nervenfibrillen (Fig. 237 *n*) oder Fasern, die sich mit Goldchloridkalium färben, in horizontaler oder schräger Richtung, und vermitteln durch ihren Uebertritt zumeist die Dickenzunahme der weissen Stränge in der Richtung nach oben (S. 394). Hiermit sind die ebenfalls von Bindegewebe umscheideten, die weisse Substanz durchsetzenden vorderen und hinteren Nervenwurzeln nicht zu verwechseln.

Zwischen dem feinsten Fasernetz der Neuroglia liegen in der grauen Substanz zahllose punktförmige *Körnchen* eingestreut und den Fasern anhaftend, welche der ersteren ihr fein granulirtes, in den meisten Reagentien, mit Ausnahme des Benzols, und auch in Goldchlorid (Fig. 226, S. 367) sich erhaltendes Ansehen selbst unter den stärksten Vergrösserungen verleihen. Irrthümlicher Weise ist vielfach die Präexistenz einerseits der Fasernetze, resp. Bindegewebszellen-Ausläufer, andererseits die der Körnchen geleugnet worden.

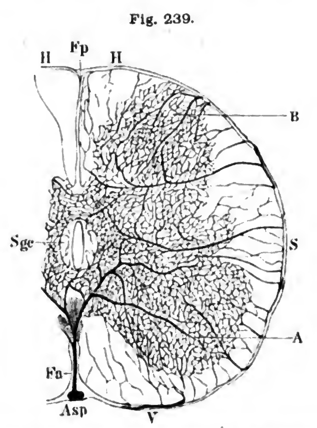
Die **Pia mater** des Rückenmarks überzieht nicht nur dessen Oberfläche, füllt die Fissurae longitudinales anterior und posterior aus, sondern sendet auch von der Peripherie des ersteren radiäre Fortsätze mit arteriellen und venösen Gefässen gegen die graue Substanz. In der vorderen Längsfurche verläuft längs deren Eingang die von Venen begleitete und mit faserigem Bindegewebe umhüllte *A. spinalis anterior;* sie schickt horizontale Ausläufer in die Furche, und die Aeste derselben dringen von Venen begleitet in die vordere Wand der Commissura anterior, hier eine doppelte (linke und rechte) senkrechte Reihe von Gefässlöchern bildend; ihre Zweige verlaufen theils rückwärts, theils nach oben und unten. Andere Aeste senken sich in ebenfalls radiärer Richtung in den Vorderstrang, resp. die Vordersäule, dem Centrum der letzteren zustrebend. In die Fissura longitudinalis posterior dringen feinere Gefässe und erzeugen in der hinteren Commissur eine einfache Reihe von Löchern.

Die arteriellen und venösen Gefässe des Rückenmarks werden nun sämmtlich in derselben Weise von fasrigen Bindegewebsseptis getragen, welche den geschilderten radiären Verlauf nehmen, und auch einzelne feine elastische

Fasern führen. Die Gefässe lösen sich in *Capillarnetze* auf, die viel weitmaschiger in der weissen Substanz sind, dagegen weit engere polygonale Maschen bildend die graue Substanz durchziehen. Die Maschen in den weissen Strängen sind länglich-polygonal, mit der Längsrichtung den Faserbündeln folgend: weitmaschiger in den Vordersträngen, mittelweit in den Seitensträngen. engmaschiger in den Hintersträngen und namentlich in den Funiculi graciles. Die Capillargefässe werden von einer aus den beschriebenen (S. 397) Inoblasten zusammengesetzten Adventitia capillaris, sowohl in der grauen als in der weissen Substanz umgeben; auch die bindegewebige Umhüllung der grösseren Gefässe besteht meistentheils aus langgestreckten Inoblasten. In der grauen Substanz folgen die stärkeren arteriellen und venösen Capillaren besonders den Nervenfaserzügen, resp. Wurzelbündeln, und umziehen, wie diese, die Ganglienzellengruppen.

Von den Venen sind zwei symmetrisch angeordnete *Centralvenen* des Rückenmarks zu erwähnen. Sie verlaufen neben der Substantia gelatinosa centralis (Fig. 233, Fig. 235, Fig. 236) etwas lateralwärts und nach hinten vom Canalis centralis, parallel der Längsaxe der Medulla; meist ist eine dieser Venen etwas weiter als die andere; selten fehlt die eine streckenweise. Das Lumen erscheint auf dem microscopischen Querschnitt des Rückenmarks gewöhnlich leer. Am oberen wie am unteren Ende des Rückenmarks, resp. in der Gegend des Conus medullaris lösen sich die beiden Centralvenen durch wiederholte Theilungen in 8—10 feine Aeste auf, die den Centralkanal, sowohl an seiner vorderen Seite, als an seinen lateralen Flanken, in einigem Abstande begleiten und schliesslich in Capillargefässe übergehen.

Fig. 239.



Horizontalschnitt durch den Conus medullaris des Rückenmarks. Blutgefässe mit Leim und Carmin injicirt. Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 15. Der Abschnitt ist etwas dick, die Netze erscheinen deshalb enger und ihre Maschen weniger länglich, als sie in dieser Gegend des Rückenmarks zu sein pflegen; das Bild gleicht daher mehr der gewöhnlichen Capillargefässverbreitung in den übrigen Höhen der Medulla. *Fp* Fissura longitudinalis posterior. *Sge* Substantia gelatinosa centralis mit dem Centralkanal; die vordere und hintere Commissur enthalten Blutgefässe. *Fa* Fissura longitudinalis anterior. *Asp* Arteria spinalis anterior auf dem Querschnitt. *V* Vorderstrang. *S* Seitenstrang. *H* Hinterstrang. *A* Vordersäule. *B* Hintersäule.

Das Bindegewebe der Pia mater ist fasrig, enthält namentlich am Halstheil manchmal zahlreichere sternförmige Pigmentzellen. Auswendig verlaufen die Faserzüge mehr longitudinal; die inneren mehr circulär.

Die **Fissura longitudinalis anterior** ist an ihrem Grunde erweitert und die bindegewebige vordere. Umgrenzung der Commissura anterior reich an Bindegewebszellen, deren rundliche, am Cervicaltheil dicht gedrängte Kerne und vordere dreieckige Faseransätze ein Epithel vortäuschen können. Die

Tiefe der Fissur in der Richtung von vorn nach hinten nimmt von unten nach oben im Conus medullaris zu, hebt sich in der Lumbalanschwellung und auf ihr Maximum am N. sacralis I, vermindert sich im Dorsaltheil beträchtlich, steigt in der Cervical- fast zum gleichen Werthe, wie in der Lumbalanschwellung und vermindert sich ein wenig an den Nn. cervicales IV und III.

Von einem dünnen bindegewebigen Septum, das keine stärkeren Gefässe enthält, wird die **Fissura longitudinalis posterior** ganz ausgefüllt und eine feste Verbindung beider Hinterstränge hergestellt. Die Tiefe der Fissur nimmt in der Richtung von unten nach oben fortwährend zu; im Dorsal- und Cervicaltheil nur sehr allmälig, im Conus am raschesten. Vom N. sacralis III bis zum N. cervicalis III verdoppeln sich die genannten Dimensionen, wie zugleich die Ausdehnung der Hinterstränge in sagittaler Richtung. Nur in der Höhe des N. coccygeus ist sie derjenigen der Fissura anterior gleich oder noch geringer als diese; im Uebrigen, und namentlich im Dorsaltheil, viel beträchtlicher, woselbst die Tiefen 1,9, resp. 3,3 Mm. betragen. Dagegen ist ihr transversaler Durchmesser sehr gering (0,005—0,03) und im Dorsaltheil am kleinsten.

Mit der **Arachnoidea** (s. Gehirn) verbindet sich die Pia mater durch zahlreiche feine microscopische Balken, die zum Theil anastomosiren. Es sind von Endothel überkleidete Bindegewebsbündel, und diese Verbindungsbrücken mithin von der Arachnoidea umscheidet. Häufiger an der Hinterfläche und im Halstheil den Raum medianwärts von den hinteren Nervenwurzeln einnehmend, spannen sie weiter abwärts sich zwischen diesen und der Dura. Vorn sind sie seltener: der Subarachnoidealraum stellt eine grosse longitudinale Spalte dar; hinten ist er in viele kleine Fächer getheilt, und nach unten vom Lumbaltheil verschwinden letztere und es fliessen vorderer und hinterer Raum in eine ringförmige Spalte zusammen (Key und Retzius, 1872).

Nerven der Pia mater. Sie bilden weitmaschige Plexus mit einzeln oder als kleine Gruppen eingelagerten Ganglienzellen (v. Lenhossek, 1855) an den Knotenpunkten. Es sind Gefässnerven, die ihre Fasern theils aus denen der Aa. spinales, theils aus den hinteren Wurzeln und den Nn. sinuvertebrales direct beziehen. Einzelne mit kernhaltigem Neurilem versehene Nervenfasern sind, längs der stärkeren Arterien in die weissen Stränge eindringend, zu verfolgen. — Auch die Blutgefässe des Filum terminale werden von Gefässnerven begleitet.

Die **Dura mater** besteht aus festem straffasrigem Bindegewebe und ist an ihrer Innenfläche mit platten polygonalen Endothelien überkleidet. Das Ligamentum denticulatum stellt microscopisch eine Anzahl an die Pia gehefteter Fortsätze der Dura mater dar. Sie sind häufig durchbrochen und die Spaltwände, sowie die stärkeren Bündel selbst, vom Endothel überzogen. An der Aussenfläche der Dura führt das lockere Bindegewebe, welches sie mit dem Periost der Wirbel verbindet, lymphatische mit Endothel ausgekleidete Spalten oder Hohlräume, Capillargefässe, öfters wässrig infiltrirte Fettzellen und elastische Fasern.

Ueber die Blutgefässe und Nerven der Dura mater, sowie die *Arachnoidea* und den *Subarachnoidealraum* s. Gehirn. Wie bei letzterem verhalten sich die Lymphgefässe des Rückenmarks und seiner Hüllen.

Gehirn.

Das embryonale Gehirn theilt sich in drei *Hirnbläschen*, die von vorn nach hinten auf einander folgen. Die Höhlung des *ersten* oder vordersten Hirnbläschens wird zum Ventriculus tertius. Zwei symmetrische seitliche Ausstülpungen wachsen zu den späteren Grosshirnhemisphären heran: ihre Höhlen oder die beiden seitlichen Hirnventrikel communiciren mit dem ersten Hirnbläschen durch das Foramen Monroi (S. 436). Die Höhle des *zweiten* oder

mittleren Hirnbläschens wird zum Aquaeductus Sylvii; seine Wandung zur Umgebung desselben und zur Eminentia quadrigemina. Das *dritte* oder hintere Hirnbläschen zerfällt in zwei Abtheilungen: Hinterhirn (im engeren Sinne) und Nachhirn. Ersteres liefert das Kleinhirn mit der Brücke, letzteres die Medulla oblongata und den Ventriculus quartus. Als *Vorderhirn* wird daher die Umgebung des Ventriculus tertius nebst den Grosshirnhemisphären bezeichnet; als *Mittelhirn* die Pedunculi cerebri und die Eminentia quadrigemina; als *Hinterhirn* das Cerebellum, Brücke und Medulla oblongata. Da das Kleinhirn des Erwachsenen eine selbstständige Stellung einnimmt, so wird es gesondert, und die unteren Parthien des Mittelhirns (Pedunculi cerebri) werden beim Grosshirn abgehandelt.

Der Uebergang des Rückenmarks in das Gehirn geschieht vermittelst der Medulla oblongata. Seit Piccolomini (1586) die Benennung der letzteren einführte, wird meistens als Grenze des Rückenmarks die Ebene des Foramen magnum oss. occipitis angenommen. (Entwicklungsgeschichtlich muss man die etwas weiter oben austretende unterste [S. 408] Wurzelfaser des N. hypoglossus dafür setzen.) Schon in der Ursprungshöhe des zweiten und ersten Cervicalnerven beginnen die Veränderungen, welche den Uebergang der Medulla spinalis zunächst in die oblongata vermitteln.

Der Bau der letzteren ist nur insoweit verstanden, als die Zurückführung ihrer Nervenbündel und grauen Kerne auf die Rückenmarksformation gelungen ist. Kein Körpertheil zeigt eine solche Complication verschlungener und spiralig verlaufender Bildungen, wie das verlängerte Mark, und fast noch mehr die Brücke. Wenn gleichwohl die Wiedererkennung des Rückenmarkbau's theilweise gelingt, so sind doch andere Formationen als neu auftretende zu bezeichnen, deren Erscheinungsweise von dem Umstande mit abhängt, dass die Medulla oblongata einerseits das Rückenmark, andererseits die Nervenbahnen und grauen Massen des kleinen wie des grossen Gehirns unter einander auf die mannigfaltigste Art verknüpft. Es ist gewiss, dass jede peripherische Nervenfaser, resp. Gruppe von solchen, mit dem Gehirn durch centrale Nervenbahnen von ganz bestimmtem Verlaufe in Zusammenhange steht; von diesem Verlaufe lassen aber die bisherigen Untersuchungsmethoden nur kümmerliche Bruchstücke erkennen. Nicht nur die überaus grosse Anzahl der Nervenfasern ist hinderlich, obgleich sie allein für die peripherischen, in das Rückenmark eintretenden Nerven beider Körperhälften über 800,000 beträgt, wozu noch auf jeder Seite etwa 100,000 für die dritten bis zwölften Hirnnerven kommen. Die Zahl der Ganglienzellen aber wird schon für die Grosshirnrinde (S. 376) auf 600 Millionen geschätzt. Die Hauptschwierigkeit liegt vielmehr darin, dass es häufig an Mitteln fehlt, zu bestimmen, ob Nervenfaserzüge einen grauen Kern, mit dem sie sich berühren, nur durchsetzen oder in demselben ihr, wenigstens provisorisches, Ende erreichen.

Den Leitfaden in diesem Labyrinth bietet zunächst die Erkenntniss, dass die Gehirnnerven in der Medulla oblongata und weiter oben *graue Kerne* besitzen, die ihnen in derselben Weise den Ursprung geben, wie es für die Spinalnerven durch die Rückenmarkssäulen geschieht, und deren graue Substanzen wie die letzteren gebaut sind. In analoger Weise sind motorische und sensible Nerven, folglich auch sensible und motorische graue Ursprungskerne zu unterscheiden. Anstatt eines continuirlichen Zusammenhanges der Ganglienzellengruppen, wie es in den Rückenmarkssäulen der Fall ist, und statt einer bestimmten Lagerung vor oder hinter dem Centralkanal treten wegen der Eröffnung des letzteren am Boden des vierten Ventrikels verwickelte Verschiebungen, Lage-Veränderungen, ja sogar knieförmige Umbiegungen ganzer Nervenstämme auf.

Trotz der grösseren Zahl von Oeffnungen, durch welche die zwölf Gehirnnerven den knöchernen Schädel verlassen, sind letztere auf drei (oder vier) an jeder Körperhälfte symmetrische Schädelnerven zu reduciren, für welche in der Medulla oblongata und aufwärts incl. der Umgebung des Aquaeductus Sylvii die Ursprungskerne verborgen liegen. Diese letzteren Kerne also sind es, welche die Homologie der Gehirn- mit der Rückenmarksformation am meisten aufrecht erhalten. Einige Ursprungskerne stellen sehr langgestreckte Ganglienzellensäulen dar, die weit in benachbarte Abschnitte hinein und sogar tief in das Rückenmark abwärts reichen.

Bei dieser Zurückführung werden nach der gewöhnlichen Anschauung der Tractus olfactorius und N. opticus gänzlich ausgeschlossen, da sie Hirntheile, resp. ursprünglich hohle Ausstülpungen des Vorderhirns darstellen. Der N. opticus incl. Retina entwickelt sich aus dem ersten Hirnbläschen schon vor dem seitlichen Auswachsen der späteren Grosshirnhemisphären, der Tractus olfactorius aus dem vorderen Ende der Grosshirnbläschen selbst. Nur Goette (1875) hält im Gegensatz zu dieser Darstellung und ohne den hohlen Lobus olfactorius gut riechender Säugethiere zu berücksichtigen, die genannten beiden Stämme für gewöhnliche Nerven. Der Uebersichtlichkeit halber sind sie jedoch in nachstehende Tabelle aufgenommen worden, weil immerhin die aus dem Bulbus olfactorius (S. letzteren) entspringenden Nn. olfactorii peripherischen sensiblen Nervenzweigen homolog sind.

Während Gegenbaur (1872) den Selachiern eine grössere Anzahl (wenigstens neun) gesonderter Schädelnerven zuschrieb, besitzt der menschliche Schädel nur zwei, den Inter-

vertebrallöchern unverkennbar homologe und gleich wie diese mit Spinalganglien ausgestattete Foramina, nämlich das Foramen ovale für die sensible Wurzel des dritten und das Foramen jugulare für die des vierten Schädelnerven. Der vorwärts von den unzweifelhaften Wirbelanlagen entstandene Theil des Schädels wird als *evertebraler*, im Gegensatz zum *vertebralen Abschnitt* bezeichnet (Gegenbaur). Nun sind nach Goette (1875) bei allen Wirbelthierköpfen vier Metameren oder Schädelwirbelanlagen nachweisbar, deren Bedeutung von den drei oder vier Schädelwirbeln einer älteren Theorie erheblich verschieden ist. Sie stellen nur virtuelle Wirbelanlagen dar, und es wird keineswegs behauptet, dass jeder Schädelknochen Theil eines dieser vier Schädelwirbel sei. Von jenen Anlagen sollen das erste Segment auf das vordere und mittlere Hirnbläschen, die übrigen drei auf das hintere Hirnbläschen entfallen. Da es aber nicht auf die Wirbelkörper, sondern auf die Homologa von Intervertebrallöchern *zwischen* denselben in Betreff des Nervenverlaufs ankommt, so ergibt sich folgendes Schema:

Gehirntheil	Schädelnerv	Vordere Wurzel	Hintere Wurzel
Vorderhirn	I		Nn. olfactorii (N. opticus?)
Mittelhirn	II	N. oculomotorius N. trochlearis	
Hinterhirn	III	N. abducens N. facialis Portio minor N. trigemini	N. acusticus Portio major N. trigemini
	IV	N. accessorius N. hypoglossus	N. glossopharyngeus N. vagus.

Das Foramen jugulare liegt also zwischen viertem und drittem Schädelwirbel, das Foramen ovale zwischen drittem und zweitem, die Fissura orbitalis superior vor dem vorderen Keilbein oder zwischen zweitem und erstem Schädelwirbel. Der N. ophthalmicus N. trigemini ist aber keine sensible Wurzel eines Schädelnerven, so wenig wie die Nn. oculomotorius und trochlearis ein Intervertebralloch passiren, sondern jener Trigeminusast muss vielmehr als ein stark entwickelter sensibler Zweig des R. dorsalis vom dritten Schädelnerven aufgefasst werden. Auch die Nn. oculomotorius, trochlearis und abducens könnten als isolirte motorische Zweige desselben (dritten) Schädelnerven betrachtet werden, zumal bei Selachiern (Gegenbaur, 1872) die Augenmuskelnerven Zweige des N. trigeminus sind. In der That nehmen Manche (z. B. Stieda, 1870) nur zwei Schädelnerven oder (Waldeyer mit v. Mihalkovics, 1875) 2—3 Schädelwirbel an. Indessen entspringen die erstgenannten Nerven aus dem zweiten embryonalen Hirnbläschen (Mittelhirn), resp. dem Boden des Aquaeductus Sylvii, sonst würde der N. oculomotorius als ein am weitesten nach dem Gehirn vorgeschobener Ast (resp. Theil des R. dorsalis) des dritten Schädelnerven zu betrachten sein, und der N. ophthalmicus des N. trigeminus mit den Augenmuskelnerven zusammen den R. dorsalis des dritten Schädelnerven repräsentiren. Der R. spinosus aus dem N. maxillaris inferior ist ebenfalls ein Theil des besprochenen R. dorsalis.

Vielleicht ist auch der N. acusticus ein hinterer sensibler Ast des R. dorsalis des dritten Schädelnerven. Rechnet man die Nn. olfactorii nicht mit und die eben genannten Nerven als motorische und sensible Aeste eines R. dorsalis, so muss der N. acusticus als ein solcher des ersten Schädelnerven (S. 137) bezeichnet werden. Jedenfalls stellt derselbe keinen Hirntheil dar, sondern ist entwicklungsgeschichtlich als Hautnerv aufzufassen, welcher eine kleine Hautgrube (Labyrinthgrübchen), die später zum embryonalen Gehörbläschen sich einstülpt, am Kopf des Embryo versorgt. Dagegen stellen der R. auricularis N. vagi, der R. externus N. accessorii zum Theil und der R. tympanicus N. glossopharyngei zusammen den R. dorsalis des vierten Schädelnerven dar.

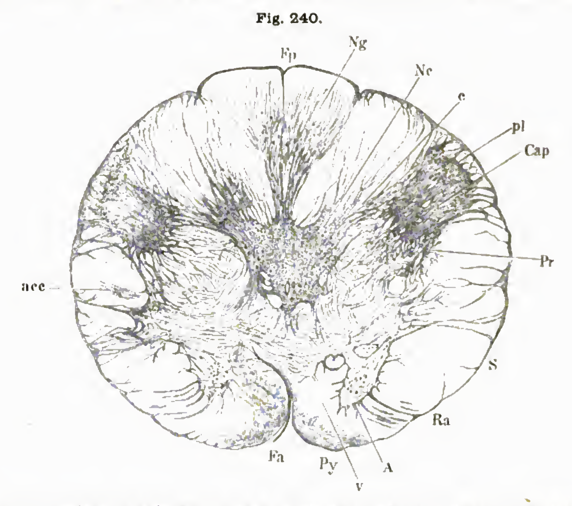
Vor Beschreibung der Medulla oblongata sind der Uebergang der Medulla spinalis in erstere, resp. die sie vermittelnden Veränderungen im oberen Cervicaltheil des Rückenmarks zu schildern.

Ursprungsgebiet des N. cervicalis I.

Der *Centralkanal* (Fig. 240) stellt auf seinem Querdurchschnitt eine mediane Längsspalte dar; sein Lumen ist weiter als im eigentlichen Rücken-

mark. Auch die *Substantia gelatinosa centralis* ist mächtiger geworden, die *Commissura posterior* und die anterior grisea verdicken sich in sagittaler Richtung. Die Nervenfasern der *Commissura anterior alba* verlaufen deutlicher gekreuzt, mehr schräg von links nach rechts und zugleich von vorn nach hinten.

Fig. 240.



Querschnitt des Rückenmarks in der Höhe der oberen Wurzeln des N. cervicalis I. 1 %ige Chromsäure, Alkohol, Carmin, Wasser, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 80/10. Die leeren Räume sind mit Sonnenbildchen querdurchschnittener Nervenfasern ausgefüllt zu denken; die Ganglienzellen erscheinen als Pünktchen. *Fp* Fissura longitudinalis posterior. *Ng* Nucleus funiculi gracilis. *Nc* Nucleus funiculi cuneati. *c* Collum columnae posterioris. *Cap* Caput columnae posterioris. *pl* longitudinale Bündel desselben. *Pr* Processus reticularis. *S* Seitenstrang. *Ra* vordere Nervenwurzeln. *A* Vordersäule. *V* Vorderstrang, welchen die zu den Pyramiden *Py* ziehenden Nervenbündel durchsetzen. *Fa* Fissura longitudinalis anterior. *acc* Bündel des N. accessorius. Der Querschnitt des Centralkanals liegt ungefähr im Centrum der Figur; unmittelbar daneben erscheinen rechterhand drei querdurchschnittene Vv. centrales.

Sie unterscheiden sich durch beträchtlicheres Kaliber, namentlich dickere Axencylinder von den feineren Fasern der *Pyramidenkreuzung*, untere grobbündelige motorische Pyramidenkreuzung, Decussatio pyramidum, welche bald an ihre Stelle tritt. Schon in der Höhe des zweiten Halsnerven beginnt die genannte Kreuzung. Ihre Nervenfasern verlaufen, wie die der Commissur. schräg gekreuzt, schräg von links nach rechts, zugleich von vorn nach hinten und dabei auch von unten nach oben. Wie sich im Gebiet des N. cervicalis I und weiter aufwärts, so lange die Kreuzung andauert, zeigt, kommt letztere zu Stande, indem nach oben zahlreicher werdende Fasern die medialen Flächen der Seitenstränge und die hier bereits vollständig in zarte und Keilstränge geschiedenen Hinterstränge verlassen. Diese Fasern biegen successive nach vorn und medianwärts um, gelangen zur Commissura anterior, dieselbe verstärkend, und treten durch die Medianlinie zur anderen Markhälfte über, mit den Fasern der entgegengesetzten Seite sich durchkreuzend (Fig. 240).

Formatio reticularis. Die Processus reticulares der Hintersäulen entwickeln sich zu einem mächtigen Plexus-ähnlichen horizontalen Netzwerk (S. 414), dessen Balken die longitudinalen Bündel der Seitenstränge durchsetzen. Indem sie nach vorn und zugleich zur entgegengesetzten Körperhälfte verlaufen, liefern sie die eben beschriebenen Nervenfasermassen der Pyramiden. An jeder Seite entlang der Fissura longitudinalis anterior nach vorn dringend, biegen sie gegen den medialen Vorderrand der Vorderstränge hin in longitudinale Richtung um, und constituiren die aufsteigend verlaufenden, weiter oben zu compacten Längsbündeln geordneten *Pyramidenstränge,* Funiculi pyramidum. Die Nervenfasern der letzteren gehören zu den feinen, sind aber mit einzelnen von mittlerem Kaliber gemischt.

Die Pyramidenkreuzung repräsentirt eine neu auftretende vorderste Commissur, worin Nervenfasern zur Lateralkreuzung gelangen, die in den Hintersträngen und hinteren Parthien der Seitenstränge des Rückenmarks auf der gleichnamigen Körperhälfte verblieben waren. Vermuthlich enthalten die Pyramiden Verbindungsfasern zwischen grauen Hintersäulen und Gehirn, und zwar solche, die aus sehr verschiedenen Höhen des Rückenmarks herstammen, durcheinander gemischt. Hiernach ist es begreiflich, dass die Durchschneidung der Pyramidenstränge keine bekannte Functionsstörung nach sich zieht, da sie nicht etwa die sämmtlichen Leitungsfasern einzelner Gefühlsprovinzen, sondern vielmehr einzelne Fasern aus sehr verschiedenen Provinzen zu enthalten scheinen.

Die Pyramidenkreuzung geht mit einer Menge secundärer Veränderungen Hand in Hand, die einerseits darauf beruhen, dass die Pyramidenbündel als dicke, mit freiem Auge sichtbare Fasermassen sich durchkreuzen, wie die durcheinander gesteckten Finger beider Hände. Manchmal sind jederseits von grösseren Bündeln sechs vorhanden, deren Stärke von unten nach oben im Allgemeinen zunimmt, wobei die von links hinten kommenden vor den rechtsseitigen verlaufen. Je weiter nach oben, desto mehr nähert sich der Faserverlauf der Sagittalrichtung, und stammen dieselben um so mehr aus den Hintersträngen her. Dem Gesagten zufolge wiederholt sich mehrere Male die durch jedes Decussationsbündel veranlasste Asymmetrie der Medulla: die Fissura longitudinalis anterior krümmt sich lateralwärts nach hinten, mit medianwärts gerichteter Convexität (Fig. 240), und zwar sieht letztere abwechselnd bald nach rechts, bald nach links. Von dem Winkel, in welchem die horizontale Schnittebene des Präparats die Decussationsbündel schneidet, hängt es ab, ob die Seitwärtsbiegung der vorderen Fissur im Querschnittsbilde eine ausgiebigere oder weniger beträchtliche ist. In der Höhe der obersten Wurzeln des ersten Halsnerven erscheint das Decussationsbündel im Grunde der Y-förmigen Fissur als ein lateralwärts convexer, vorn zugespitzter, aus querdurchschnittenen Nervenfasern bestehender Fortsatz: Processus mastoideus s. mammillaris.

Ausserdem zeigen sich auch Veränderungen in den übrigen Theilen des Halsmarks. Die Nervenfasermassen, welche von den Hinter- und Seitensträngen aus zur Pyramidenkreuzung hinstreben, durchsetzen die graue Substanz und schieben sich einestheils zwischen die graue Vordersäule und den Centralkanal. Anderntheils bildet sich schon in der Höhe des N. cervicalis II eine Differenzirung des hintersten Abschnitts der Columna posterior aus. Successiv in der Richtung nach oben verdickt sich der genannte Abschnitt zu einem anfangs auf dem Querdurchschnitt keulenförmig, weiter aufwärts mehr rundlich aussehenden *Caput columnae posterioris* s. cornu posterioris, der einem schmaleren *Collum columnae posterioris* s. Cervix cornu posterioris aufsitzt. Zugleich biegt sich die Hintersäule lateralwärts (Fig. 240 *Cap*).

In der Höhe der obersten Wurzeln des N. cervicalis I ist der Kopf der Hintersäule bereits fast vollständig vom Collum abgeschnürt. Derselbe erscheint als eine lateralwärts gerückte, in gleicher Frontalebene mit dem Centralkanal fast am lateralen Rande der Medulla gelegene graue Masse, und ist als *Tuberculum Rolandii* dem freien Auge sichtbar. Abgesehen von der gelatinösen Substanz wird jedoch dies Caput nach aussen hin noch von dicken

longitudinalen Nervenbündeln (Fig. 240 *pl*) bedeckt. Es sind den longitudinalen Fasermassen der Hintersäulen (Fig. 233 *pl*, S. 380) homologe, aus dem *N. trigeminus* stammende Längsbündel, dessen Portio major sich weit im Halsmark abwärts erstreckt, jedenfalls bis in das Gebiet des zweiten Cervicalnerven. Auch die Substantia gelatinosa posterior ist stark entwickelt; die Differenzirung des Caput und Collum columnae posterioris aber beruht wesentlich auf Entwicklung der beschriebenen Formatio reticularis, deren Plexus das Collum durchsetzen und das Caput schliesslich ganz abtrennen.

Die *hinteren Nervenwurzeln* durchsetzen in stärkeren Bündeln die Substantia gelatinosa posterior, welche namentlich an der lateralen Seite des Caput columnae posterioris stark entwickelt ist und veranlassen grösstentheils die horizontale Faserung des Collum, welche das Caput mit der centralen grauen Substanz in Verbindung hält (Fig. 240 *c*).

Vorderstränge. Nach aufwärts rundet sich allmälig ihr vorderer Winkel mehr ab (Fig. 240 *Fa*) und es wird die Grenze gegen die Fissura longitudinalis anterior am vorderen und medialen Rande jeder Seitenhälfte von den Pyramidensträngen eingenommen, die an der Vorderfläche des Markes für das freie Auge sichtbar hervorzutreten angefangen haben; zwischen ihnen und den Vordersäulen werden die Vorderstränge nach oben hin auf einen immer kleineren Raum beschränkt: ihre hinteren Spitzen grenzen direct an die Commissurenfasern der Pyramidenkreuzung.

In der Höhe des unteren Theiles der Pyramidenkreuzung bezeichnen die mehr transversal als sagittal (Fig. 240 *Ra*) verlaufenden vorderen Wurzelbündel des N. cervicalis I die Grenze zwischen Vorder- und Seitenstrang; weiter aufwärts treten die Ursprungsfasern des N. hypoglossus an deren Stelle. Erstere entspringen von den grossen motorischen Zellen der Vordersäule, an welchen weiter abwärts noch drei bis vier Gruppirungen zu unterscheiden sind, die nach oben sich unter einander verlieren.

Vor dem Caput columnae posterioris verlaufen die Wurzelbündel des N. accessorius in transversaler Richtung (Fig. 240 *acc*); sie stammen theils aus Ganglienzellen der Formatio reticularis, theils aus einer Zellengruppe der Vordersäule, die sich nach hinten und etwas lateralwärts an die motorischen Zellen des Ursprungs vom N. cervicalis I anschliesst und als Fortsetzung der Seitensäule des Rückenmarks zu betrachten ist; die Accessoriusbündel verlaufen lateralwärts, selbst mit einer kleinen Neigung nach rückwärts.

Was die *Seitenstränge* betrifft, so erscheint ihre Masse vielfach gespalten und durchsetzt von der Formatio reticularis. Hieran nimmt auch die eben erwähnte etwas stärker entwickelte *Seitensäule* Antheil, die nach und nach in die Plexusbildung mit hineingezogen wird.

Die Sonderung der *Funiculi graciles* (S. 393) von dem Rest der Hinterstränge oder den Funiculi cuneati vollzieht sich nach oben zu schärfer und schärfer. In den erstgenannten tritt jederseits eine longitudinale Säule grauer Substanz auf: *Nucleus funiculi gracilis*, Nucleus postpyramidalis, mediales Nebenhorn, die aus sparsamen grösseren multipolaren Ganglienzellen und granulirtem Bindegewebe besteht. Ihre Axencylinderfortsätze gehen in stärkere varicöse Nervenfasern über, die sich den zur Pyramidenkreuzung ziehenden Bündeln des zarten Stranges anzuschliessen scheinen. Dieser Nucleus funiculi gracilis entwickelt sich durch allmälige Vortreibung nach hinten aus dem nach Abzug des Kopfes und Halses gebliebenen Rest der Hintersäule hinter dem Centralkanal und dasselbe gilt von einem analogen, weiter oben stärker entwickelten (in Fig. 240 in seinem Beginn sichtbaren) *Nucleus funiculi cuneati* s. Nucleus restiformis, laterales Nebenhorn. Ueber die Fibrae arciformes s. S. 413.

Hinterhirn.

Medulla oblongata.

Durch den Ursprung des N. hypoglossus wird die Medulla oblongata (S. 402) charakterisirt. Da die Wurzelfasern des N. cervicalis I innerhalb der Medulla schräg aufsteigend, wenn auch weniger schräg als die übrigen Spinalnerven, verlaufen, so nehmen die Ganglienzellen ihrer Ursprünge den Raum zwischen den Austrittshöhen der obersten Cervical- und untersten Hypoglossuswurzelbündel auch noch ein. Dieser überall der Medulla oblongata zugerechnete allerunterste Abschnitt der letzteren schliesst sich in seinem Bau vollkommen dem übrigen Ursprungsgebiet des ersten Cervicalnerven an und wird daher nicht besonders erörtert. — Die Structur des übrigen verlängerten Marks zeigt Verschiedenheiten in differenten Höhen: im *oberen Theile* ist der Centralkanal geöffnet (vierter Gehirnventrikel), im *mittleren* und *unteren* geschlossen; ferner fehlen dem letzteren die Oliven, welche dem mittleren und oberen Theile ein wesentlich verschiedenes Ansehen verleihen.

Unterer Theil.

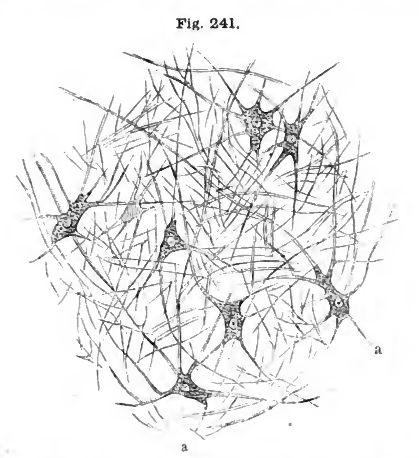
Der *Centralkanal* stellt im unteren (und mittleren) Theile auf dem Querschnitt eine sagittale Längsspalte dar, die nach oben zu länger wird. Seine verticale Axe verläuft nach hinten concav gebogen, indem der Kanal vom Centrum der Medulla oblongata sich nach hinten entfernt, um an der Grenze zwischen mittlerem und oberem Theile der letzteren sich in die vierte Hirnhöhle zu öffnen. Querschnitte, welche diese gekrümmte Längsaxe nicht rechtwinklig durchschneiden, zeigen häufig den Kanal scheinbar obliterirt.

Die *Fissurae longitudinales* anterior und posterior werden weniger tief. In der letzteren verlängert sich die Fasermasse der Commissura posterior schnabelförmig nach hinten, wovon der Anfang bereits weiter unten (Fig. 240) zu erkennen ist. Es verlaufen manche ihrer Fasern in sagittale Richtung umbiegend nach rückwärts. Oberhalb der obersten Wurzelbündel des N. cervicalis I und in der Höhe der untersten des N. hypoglossus endigt die *Pyramidenkreuzung*, obere sensible feinbündelige Pyramidenkreuzung, indem ihre feiner gewordenen Faserbündel mehr in sagittaler Richtung von den zarten Strängen zu den Pyramidensträngen der entgegengesetzten Körperhälfte verlaufen. Mit ihrem Aufhören stellt sich die Symmetrie der Seitenhälften des Markes wieder her und an Stelle der Commissura anterior tritt die *Raphe*. Sie ist unten am kürzesten und nimmt entsprechend dem Rückwärtsweichen des Centralkanals an sagittaler Ausdehnung zu; sie wird gebildet (S. 413) von sagittalen Nervenfasern und ausserdem von horizontalen Bogenfasern, die über die Mittellinie hinüber sich durchkreuzend von einer Seite zur andern treten und dabei die weisse Substanz der Vorder- und Seitenstränge in viele kleine longitudinale Bündel sondern (Fig. 242).

Die *Vordersäulen* weichen gegen den Centralkanal zurück; an Stelle der Commissura anterior grisea treten sich durchkreuzende Fasern, die vom linken zum rechten *Hypoglossuskern*, Nucleus N. hypoglossi (Fig. 241, Fig. 242 *Nh*) hinüberziehen. Die vorderen Wurzelfasern des N. cervicalis I verlaufen allmälig weniger schräg aufwärts und rückwärts ansteigend; die des N. hypoglossus fast horizontal nach rückwärts und medianwärts zu ihrem genannten Kern. Jeder Querschnitt lässt sie daher in ihrem ganzen Verlaufe durch die Medulla oblongata überblicken (was unter den Hirnnerven nur noch am N. oculomotorius

wiederkehrt); zugleich aber fehlt es an Mitteln, die obersten Fasern des N. cervicalis I von den untersten des N. hypoglossus zu unterscheiden, da sie sich unmittelbar an einander schliessen. In eine einzige Gruppe grosser multipolarer Ganglienzellen vereinigt, repräsentirt der Hypoglossuskern (S. 411) die Vordersäule ganz allein; der Kern ist ungefähr 18 Mm. lang, 1 Mm. dick; sein oberes und unteres Ende etwas zugespitzt, der Kern daher spindelförmig; er reicht bis zum oberen Ende der Medulla oblongata.

Fig. 241.



Grosse multipolare motorische Ganglienzellen und Axencylinder aus dem Hypoglossuskern. Methode s. S. 415. V. 600/120. Die Axencylinder und die Protoplasmafortsätze bilden ein dichtes Netz, letztere zeigen Theilungen. *a a* Axencylinderfortsätze.

Hinter dem Hypoglossuskern, nach hinten und zu beiden Seiten des Centralkanals liegt beiderseits der *Accessoriuskern*, Nucleus N. accessorii. Er besteht aus länglichen multipolaren, theilweise gelblich gefärbten Zellen mittlerer Grösse; ihre Längsaxe liegt öfters dem Nervenfaserverlauf parallel. Aus diesem Kern entspringen die *oberen* Wurzeln des N. accessorius, während die *unteren* aus der Seitensäule, so weit sie sich längs des Rückenmarks erstreckt (S. 388. S. 396) und noch im Ursprungsgebiet des N. cervicalis I von homologen (S. 406) Zellen stammen. Die Accessoriusbündel umkrümmen nach hinten concav den Kopf der Hintersäule und treten lateralwärts aus.

Die *Hintersäulen* verhalten sich wie in der Höhe des N. cervicalis I; hintere Wurzeln aber fehlen.

Weisse Stränge. Die Pyramidenstränge decken von vorn her die Vorderstränge; diese werden wie die Seitenstränge von zur Raphe (S. 407) hinstrebenden Nervenfasern durchsetzt. Ausserdem nehmen am Geflecht der letzteren sagittal und etwas schräg gerichtete Nervenfasern Theil, die in aufsteigende Richtung umbiegen, nachdem sie die Medianlinie resp. die Raphe selbst passirt haben.

Die Nuclei funic. gracil. und cuneat. sind stärker entwickelt.

Mittlerer Theil.

Eine Anzahl grauer Massen treten auf, die im oberen Theil der Medulla oblongata näher erörtert werden. Am wichtigsten sind die *Oliven* (S. 409). Sie erscheinen im Innern des vorderen Theiles der Seitenstränge; zwischen ihrem vorderen medialen Rande und dem lateralen Rande des Pyramiden-

stranges schlängeln sich jederseits die austretenden Wurzelbündel des N. hypoglossus hindurch. Die Raphe wird schmaler, die Fissurae longitudinales anterior und posterior sind weniger tief; der Centralkanal weiter nach hinten gerückt; der Nucleus N. accessorii stärker entwickelt. Während der Nucleus funiculi cuneati sich verdickt und mehr lateralwärts ausdehnt, sondert sich zugleich der zugehörige Strang (medialer Keilstrang, Henle) von dem Rest des Hinterstranges (Seitenstrang, Burdach; lateraler Keilstrang), welche Sonderung schon am unteren Theile der Medulla oblongata beginnt. Ersterer enthält den genannten Kern, letzterer erstreckt sich längs des Caput columnae posterioris und bildet als unveränderter Rest die eigentliche Fortsetzung des Hinterstranges. — Die übrigen Verhältnisse sind wie im unteren Theile.

Oberer Theil.

Der *Centralkanal* eröffnet sich keineswegs in die Fissura longitudinalis posterior, deren Homologon auf der hinteren Fläche der Tela chorioidea inferior zu suchen wäre, sondern in die vierte Hirnhöhle. Wie in die übrigen Gehirnventrikel setzt sich in letztere das Epithel des Centralkanals fort und bietet hier keine wesentlichen Verschiedenheiten von demjenigen im Rückenmark. Die Einmündung geschieht vermittelst Durchbrechung der Commissura posterior, deren oberes Ende als *Obex* bezeichnet wird. Geschieht die Durchbrechung weiter abwärts, so bilden zuletzt nur transversale Nervenfasern die hintere Wand des Kanals; erfolgt die Eröffnung weiter oben, dann nimmt auch die graue Substanz am Boden der vierten Hirnhöhle an der Bildung des Obex Theil.

Lateralwärts neben der vorderen Parthie der Hypoglossuswurzeln, welche als 1—3 sagittale Bündel jeden Querschnitt durchziehen, tritt jederseits die *Olive*, Oliva, grosse oder *untere Olive*, Oliva inferior, auf (Fig. 242). Dieselbe ist ein nach Art der Gehirnwindungen an seiner Oberfläche gefaltetes Blatt, das in seinen mannigfaltigen Windungen continuirlich zusammenhängt. Es besteht aus gelatinöser Substanz mit eingelagerten, in fast regelmässigen Abständen von einander befindlichen rundlichen multipolaren Ganglienzellen, die kaum von mittlerer Grösse, meist gelblich pigmentirt sind, einen zarten Axencylinderfortsatz und 3—7 Protoplasmafortsätze besitzen. In den am medialen Rande gelegenen *Hilus* der Olive treten weisse Nervenfaserbündel ein, füllen unter dichotomischen Theilungen das Innere der ganglösen Falten und die Fasern endigen theils an den Zellen, theils durchsetzen sie isolirt und in querer Richtung das graue Rindenblatt, jenseits des letzteren sich mit den transversalen Faserzügen innerhalb der Seitenstränge zu stärkeren Bündeln vermischend. Andere Fasern laufen längs der Windungen, deren Richtung folgend, sowohl an ihrer äusseren als inneren Seite und hängen bogenförmig mit den Axenfasern der Windungsblätter zusammen. Diese Verhältnisse zeigen sich auf Quer- und Längsschnitten in gleicher Weise.

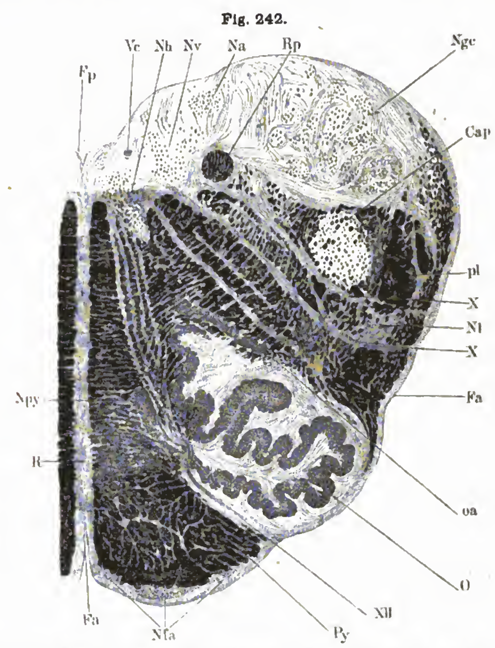
Am unteren und oberen Ende (Fig. 244 *Oi*) der Olive bilden ihre Windungen auf Querschnitten einen geschlossenen Ring; das unterste Ende stellt sich als rundlicher Haufen zerstreuter Zellen dar. Vollständig übereinstimmend im feineren Bau verhalten sich die Nebenolive und der Pyramidenkern.

Beide sind als abgetrennte Theile der Olive aufzufassen (Clarke, 1858), mit deren Windungen der Pyramidenkern an einer Stelle (Schroeder van der Kolk, 1858) oder an mehreren Stellen (Dean, 1864) direct zusammenhängt.

Der *Pyramidenkern*, Nucleus pyramidalis, grosser oder hinterer Pyramidenkern, innere Nebenolive, ist eine fast rechtwinklig gebogene senkrecht gestellte Platte, deren vordere grössere Hälfte vor dem vorderen medialen Rande

der Olive parallel demselben sich hinzieht, während seine mediale Hälfte sagittal gerichtet medianwärts vom Hilus gelegen ist. Die vordere Hälfte reicht weiter abwärts als die mediale und als die Olive selbst, endigt aber

Fig. 242.



Querschnitt durch die Medulla oblongata nahe oberhalb des unteren Endes des vierten Ventrikels. Alkohol, 1%ige Chromsäure, Wasser, Alkohol, Carmin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 80/7. *Fa* Spitze des Ventrikels. *Vc* Vena centralis. *Nh* Nucleus N. hypoglossi. *Nv* Nucleus N. vagi. *Na* Nucleus N. acustici (S. 412). *Rp* Respirationsbündel. *Ngc* Nucleus funiculi gracilis et cuneati. *Cap* Caput columnae posterioris. *pl* lateralwärts davon gelegene longitudinale Bündel auf dem Querschnitt. *X* Wurzelbündel des N. vagus. *Nl* Kern des Seitenstranges. *Fa* Fibrae arciformes. *O* Olive. *oa* Nebenolive. *XII* N. hypoglossus. *Py* Pyramidenstrang. *Nfa* Kerne der Fibrae arciformes. *Npy* Pyramidenkern. *Fa* Fissura longitudinalis anterior. *R* Raphe.

schon etwas oberhalb der unteren Spitze der letzteren; die mediale Hälfte (Fig. 242 *Npy*) erhält sich eine Strecke weit nach oben, wo schon die Nebenolive aufgetreten ist.

Die *Nebenolive*, Nucleus olivaris accessorius, äussere Nebenolive, Olivennebenkern, liegt hinter dem hinteren medialen Ende der Olive. Sie ist eine frontal gestellte (Fig. 242 *oa*), nach vorn concave Platte, beginnt oberhalb des unteren Endes der Olive und reicht etwas über die Mitte ihrer Länge nach oben.

Der *Hypoglossuskern* verhält sich wie in den unteren Abschnitten des verlängerten Marks (S. 407); er liegt dicht an der Oberfläche des vierten Ventrikels neben der Raphe (Fig. 242 *Nh*). Von demselben strahlen die Bündel des N. hypoglossus aus, schlängeln sich längs des lateralen Randes der Vorderstränge und dieselben durchsetzend bis zum Hilus der Olive. Theils umbiegen sie den medialen Rand der letzteren, theils durchsetzen sie einzelne ihrer grauen Windungen, theils endlich strahlen sie in den Hilus selbst ein (Pedunculus olivae), ohne mit der Olive selbst in irgend welche Verbindung zu treten, indem sie dieselbe nur durchsetzen.

Im Hypoglossuskern weichen die Fasern des Nerven pinselförmig aus einander, bilden verschlungene und spirale Curven, um mit den Axencylinderfortsätzen der Ganglienzellen in Verbindung zu treten. Die medialen Fasern scheinen öfters die Raphe zu passiren und in den Kern der entgegengesetzten Körperhälfte einzutreten (Kreuzung des Hypoglossus). Immersionslinsen lassen diesen Anschein schwinden: die wirklichen Hypoglossusfasern haben dickere Axencylinder als die Fasern, welche die Raphe durchsetzen und letztere sind theils Kreuzungsfasern sensibler Nerven (Vagus, vielleicht auch Glossopharyngeus und Acusticus); zweitens sind es solche, die aus dem Hypoglossuskern selbst stammen und den aus der Vordersäule kommenden Fasern der Commissura anterior alba im Rückenmark homologisirt werden können. Der weitere Verlauf dieses zweiten Theiles ist nicht bekannt.

Indem der Centralkanal sich öffnet, weichen die Markhälften lateralwärts aus einander. Dadurch kommen die Homologa der Vordersäulen (Hypoglossuskern) dicht an die hintere Grenze des Markes zu liegen: die graue Substanz der Hintersäulen aber zieht sich lateralwärts. Am weitesten nach vorn gedrängt erscheint das Caput columnae posterioris (Fig 242 *Cap*); aus dem Collum haben sich successive (S. 406) die jetzt verschmelzenden Nuclei funic. gracilis et cuneati entwickelt. Ferner aber bilden die medialen Parthien des letzteren graue Kerne, welche den Nn. X, IX und VIII den Ursprung geben.

Der *Vaguskern*, Nucleus N. vagi (Fig. 242 *Nc*) erscheint dem freien Auge (Fig. 247) als Ala cinera (Bd. II) auf dem Boden des vierten Ventrikels, ist eine Fortsetzung des Accessoriuskerns, liegt lateralwärts neben dem Hypoglossuskern und entsendet die Wurzelfasern des N. vagus (Fig. 241 *X*) anfangs durch den Seitenstrang zwischen Caput columnae posterioris und der Olive in ähnlicher Richtung wie weiter abwärts der N. accessorius verläuft: weiter oben aber durch die gelatinöse Substanz des Kopfes der Hintersäule. Seine Längenausdehnung reicht vom unteren Ende des Ventriculus quartus, so weit wie die Vaguswurzeln entspringen, nach oben.

Die Zellen des Vaguskerns sind meist spindelförmig, kleiner als die des Nucleus accessorius, sehr dicht gedrängt im vorderen vor dem Respirationsbündel sich erstreckenden Theile des Kerns und öfters bräunlich pigmentirt, wovon die Farbe der Ala cinerea abhängt; die Wurzelfasern feiner als die des N. hypoglossus. Stärkere Bündel durchkreuzen die Raphe: sie führen Wurzelfasern des Vagus zum Kern der anderen Seite.

Nucleus ambiguus. Wahrscheinlich sind die an der vorderen Seite des Kerns verlaufenden und den Hypoglossuskern durchbohrenden Faserzüge von Clarke (1858) und Dean (1864) für eine motorische Wurzel des N. vagus und ebenso des N. glossopharyngeus angesehen worden, während Deiters (1865) und Meynert (1870) eine hinter dem Kern des Seitenstranges (S. 412) in letzterem gelegene Zellengruppe als Kern einer solchen Wurzel ansprechen. Diese Zellengruppe, Nucl. ambiguus, ist von Clarke (1858) entdeckt und als motorischer Trigeminuskern (= Facialiskern) resp. dessen Fortsetzung nach unten bezeichnet, während sie Stieda (1870, bei Säugethieren) als Fortsetzung des Facialiskerns angesprochen hat. Aus

derselben lässt Benedikt (1874), wie es scheint, die Ligula als sog. dreizehnten Gehirnnerven entspringen. — Nach Meynert (1870) haben die Nn. vagus und glossopharyngeus eine rückläufige motorische Wurzel, deren Bündelchen fast in jedem Querschnitte parallel den austretenden Wurzelfasern aber etwas weiter vorn als die letzteren verlaufen, und successive knieförmig in die austretenden Wurzeln umbiegen sollen. Diese motorischen Wurzelfasern verdanken ihre Annahme ohne Zweifel einer supponirten Analogie mit der knieförmigen Umbeugung des Facialisstammes innerhalb des Pons: wie unten (S. 419) aber gezeigt wird, hängt die letztere mit der embryonalen Rückenkrümmung des Medullarrohres zusammen und kann sich daher nicht an tiefer gelegenen Nerven wiederholen. In Wahrheit gehören die aus dem vermeintlichen motorischen Vagus- (und Glossopharyngeus-) Kern hervorgehenden sog. rückläufigen Fasern der Formatio reticularis an. Nur bei schwächeren Vergrösserungen scheinen sie beinahe rechtwinklig in die austretenden Wurzelfasern umzubiegen: mit stärkeren Linsen zeigt sich, dass sie dieselben nur durchkreuzen. — Der fragliche Nucleus ambiguus vermittelt vielleicht die von Ludwig mit Owsjannikow (1875) sogenannten *allgemeinen Reflexe* (S. 414). Der Kern beginnt mit den untersten Wurzeln dieses Nerven, besteht aus dichtgedrängten multipolaren Ganglienzellen der grössten Art, verliert sich nach oben in der Höhe des Glossopharyngeus-Austritts, indem seine Zellen sich den verstreuten Ganglienzellen des Seitenstranges beimischen. Vom Nucleus funiculi lateralis (s. unten) bleibt derselbe stets durch weiten Zwischenraum getrennt.

Weiter nach oben rückt der Vaguskern mehr nach vorn und hängt continuirlich mit dem *Glossopharyngeuskern*, Nucleus N. glossopharyngei, zusammen, der ihm in jeder Beziehung, auch in der Verlaufsrichtung der Wurzelfasern des N. glossopharyngeus gleicht. Sein oberes Ende entspricht der obersten von letzteren Fasern.

Der *Acusticuskern* oder der *mediale Kern der hinteren Wurzel* des N. acusticus, Nucleus acusticus superior, Glossopharyngeuskern, Stilling, liegt lateralwärts vom Vaguskern am Boden des vierten Ventrikels (Fig. 242 *Na*), nach lateralwärts an den zarten Strang grenzend. Er setzt sich weiter nach oben fort (S. 419).

Das *Respirationsbündel*, runde Bündelformation, ist ein cylindrischer, an Chromsäure-Präparaten mit freiem Auge sichtbarer, aus stärkeren und feineren varicösen Nervenfasern bestehender Strang von 1 Mm. Dicke (Fig. 242 *Rp*). Sein Beginn fällt mit dem des Vaguskerns zusammen; vor letzterem läuft derselbe abwärts, den nach vorn concaven Kern ausbuchtend. Der Strang nimmt absteigende Fasern aus den Nn. glossopharyngeus, vagus, accessorius auf, von denen es zweifelhaft ist, ob sie schon alle mit den Ganglienzellen der betreffenden Kerne in Verbindung gewesen sind. Das Respirationsbündel verläuft senkrecht nach unten, theilt sich im mittleren und unteren Theile der Medulla oblongata in mehrere parallele Zweige und ist deshalb schwerer zu verfolgen, unverkennbar aber noch am Halstheil des Rückenmarks nachzuweisen und scheint auch mit dem N. phrenicus (S. 393) in Beziehung zu stehen.

Nach Clarke (1859) und Dean (1864) sind seine Bündel (isolirte Längsbündel im vorderen und äusseren Theile des Hinterhorns, Goll, 1860) nach unten mit der Seitensäule des Rückenmarks in Zusammenhang. — Bei Säugethieren, namentlich Kaninchen, ist das Respirationsbündel leicht zu constatiren; seine Durchschneidung hemmt die Respiration (Heidenhain mit Gierke, 1873).

Weisse Stränge. In den *Pyramidensträngen* ordnen sich die anfangs unregelmässigen Faserzüge nach oben mehr und mehr zu ganz gestrecktem Verlaufe resp. zu einem compacten cylindrischen, jederseits neben dem vorderen Theile der Raphe gelegenen Strange. Zwischen der Raphe, dem Hypoglossuskern, den Hypoglossuswurzelbündeln, der Olive und dem Pyramidenkern erscheinen die *Vorderstränge* auf einen keilförmigen, mit der Spitze nach hinten gerichteten Rest zusammengedrängt. Die *Seitenstränge* umgeben die Oliven hauptsächlich an ihrer hinteren Seite; sie enthalten daselbst jederseits eine kleine cylindrische senkrecht gestellte Zellensäule: den *Kern des Seitenstranges*, *Nucleus funiculi lateralis* (Fig. 241 *Nl*) s. Nucleus anterolateralis, welcher nach vorn und lateralwärts vom Nucleus ambiguus (S. 411)

gelegen ist. Die Ganglienzellen des Nucleus funiculi lateralis sind multipolar und von mittlerer Grösse. Der Kern beginnt mit den untersten Hypoglossuswurzeln, also schon im unteren Theile der Medulla oblongata, liegt daselbst vor den Wurzelbündeln des N. accessorius und dem Kopf der Hintersäule; derselbe erstreckt sich nach oben bis zur Brücke.

Die *zarten Stränge* und *Keilstränge* verhalten sich wie am mittleren Theile der Med. oblong.; ihre Kerne fliessen nach oben zusammen und endigen, indem sie sich unmittelbar an das untere Ende des medialen Kerns der hinteren Acusticuswurzel anschliessen. Die Stränge selbst, auf's mannigfaltigste von schrägen Bündeln durchflochten, biegen sich als Corpora restiformia zum Kleinhirn, wobei jedoch die Fasercontinuität zweifelhaft ist.

Fibrae arciformes, *Formatio reticularis* und *Raphe*. — Bereits am Halstheil des Rückenmarks entwickelt sich das die Vorder- und Seitenstränge mit der Pia mater verbindende Bindegewebe stärker und führt einzelne horizontale Nervenfasern. An der Medulla oblongata ist eine beträchtlichere Schicht von Gürtelfasern vorhanden, die nach oben an die ähnlich gerichteten mächtigen Brückenfaserzüge sich anschliesst.

Die *Fibrae arciformes*, Gürtelfasern, verlaufen unterhalb der Oliven bogenförmig mit der Convexität nach unten; weiter oben allmälig mehr horizontal. Sie werden daher auch als Fibrae arciformes externae s. transversales externae bezeichnet, im Gegensatz zu horizontalen Fasern, Fibrae transversales internae, welche das Innere der Medulla oblongata durchziehen. Solche Fibrae arciformes umhüllen das ganze verlängerte Mark an seiner Aussenfläche; sie zeigen feineres oder mittleres Kaliber. Es sind horizontal verlaufende Fasermassen, welche etwas lateralwärts von der hinteren Longitudinalfissur beginnen, an Mächtigkeit zunehmend ringförmig die laterale Fläche der Med. oblong. umkreisen, ihre grösste Dicke nach vorn vor den Pyramidensträngen erreichen und endlich an Mächtigkeit wiederum abnehmend in die Fissura longitudinalis anterior sich einsenken, hier zur Bildung der Raphe beitragend. Aus der verschiedenen Mächtigkeit erhellt schon, dass nicht alle Fasern dieselbe Bedeutung haben: die hinteren, Fibrae arciformes (s. transversales) externae posteriores, scheinen mit den Kernen der Seitenstränge zusammenzuhängen und umkreisen rückwärts sich wendend vom Austritt der Accessoriuswurzeln an die Funiculi cuneatus und gracilis an deren Aussenfläche; stärkere Fasermassen, Fibrae arciformes (s. transversales) externae anteriores, biegen sich um die hintere laterale Begrenzung der Oliven nach vorn und umgeben die Pyramiden resp. dringen in die Raphe. — Zwischen dem Vorderrande der Pyramidenstränge und den in dieser Gegend besonders mächtigen Gürtelfasern liegt in gleicher Höhe mit dem unteren Ende der Olive eine in transversaler Richtung ausgedehnte ganglıöse Platte: *Nucleus arciformis major*, vorderer Pyramidenkern; und mehrere kleinere *Nuclei arciformes minores* sind in der Nähe der Fibrae arciformes weiter nach oben sowohl lateralwärts vom Vorderrande der Olive als medianwärts zwischen den Resten der Vorderstränge und den Bündeln der Raphe eingeschaltet. Der Zusammenhang aller dieser in ihrer Anordnung unbeständigen Nuclei arciformes, Kerne der Gürtelschicht (Fig. 242 *Nfa*), mit Fibrae arciformes ist wahrscheinlich. Zwischen den beiderseitigen Vordersträngen wird die Fissura longitudinalis anterior fast in ihrer ganzen Tiefe von einer medianen Commissur, der *Raphe*, s. Septum medullae oblongatae medianum horizontale (S. 407) ausgefüllt. Dies ist eine senkrechte Platte feiner, mit einzelnen stärkeren untermischter, varicöser Nervenfasern, die horizontal und zugleich wesentlich sagittal verlaufen; sie stammen von den Fibrae arciformes und durchkreuzen

sich spitzwinklig in der Weise, dass Fibrae arciformes der linken Seite schräg nach rechts und hinten verlaufend sich der rechten Pyramide anlagern — und umgekehrt. Dazu kommen eine grosse Anzahl horizontaler Bündel, *Fibrae transversales* s. transversales internae s. arciformes internae, welche transversal zwischen den Vorderstrangbündeln von einer Seite zur anderen bei schwachen Vergrösserungen hinüberzutreten und namentlich die beiderseitigen Oliven (als Fibrae transversales internae olivares s. Commissura olivarum) zu verbinden scheinen: in Wahrheit stellen höchstens einige wenige von ihnen rein quere Commissurenfasern dar; die meisten (Fibrae transversales internae posteriores) strahlen pinselförmig in die Raphe aus, biegen sich allmälig aufwärts, vielleicht theilweise auch abwärts und gelangen in verschiedenen Horizontalebenen zwischen die Vorderstrangbündel der entgegengesetzten Seite. Irrthümlich wurden solche Fasern der sog. oberen Pyramidenkreuzung (S. 407) zugerechnet. Indem die transversalen Fasern jeden Vorderstrang in viele Bündel sondern, die dicker sind als die Bündel der ersteren, entsteht eine äusserst zierliche rechtwinklige Durchflechtung querer und senkrechter Nervenbündel. Lateralwärts verlieren sich die transversalen Bündel in den Seitensträngen hinter den Oliven (Fibrae transversales internae anteriores) und an letzteren selbst: nach hinten strahlen die sagittalen Fasern der Raphe lateralwärts neben dem Centralkanal und medianwärts vom Hypoglossuskern in die graue Substanz aus.

Schliesslich wird die ganze zwischen Raphe, Pyramide, Olive, Hypoglossuskern und dem Kopf der Hintersäule gelegene (Fig. 242) Masse der weissen Stränge in ein von dünnen meist vierseitig-prismatischen Längsbündeln durchsetztes Maschenwerk horizontaler Faserbündel aufgelöst. Dies ist die stärkste Entwicklung der *Formatio reticularis* (S. 405), deren continuirlicher Zusammenhang mit den Processus reticulares des Rückenmarks sich verfolgen lässt, wenn auch ihre Bedeutung (allgemeine Reflexe? S. 412) sich anders herausstellt. In den horizontalen Netzen der genannten Formation liegen zahlreiche multipolare Ganglienzellen mittlerer Grösse eingestreut, deren Axencylinderfortsätze sich nach abwärts wenden, während die Protoplasmafortsätze mehr horizontal verlaufen.

Die horizontalen Fasern der Formatio reticularis lassen sich zum Theil in die lateralen Parthien der Corpora restiformia verfolgen, während sie im verlängerten Mark mit den Nuclei funic. gracil. et cuneat. scheinbar zusammenhängen. So stellt diese Formation offenbar eine innige Verknüpfung her zwischen den Vorder- und Seitensträngen des Rückenmarks und verlängerten Marks, den Fibrae arciformes, den Oliven nebst anderen dem letzteren eigenthümlichen Kernen und dem Kleinhirn.

Die *Oliven* treten bei Säugethieren mehr in das Innere der Medulla oblongata medianwärts vom N. hypoglossus zurück, sind viel kleiner und haben weniger Windungsfalten. Eine Ausnahme machen Delphin, Seehund und die anthropoiden Affen. Man hat ihre Zellenmasse ohne zureichende Gründe als Centralapparat für die Sprache gedeutet. Die supponirte Verbindung mit den Hypoglossuskernen hat sich jedoch als ein Irrthum herausgestellt (S. 411). Andere sehen in den Oliven einen dem Volumen des Cerebellum parallel entwickelten Apparat zur Verknüpfung des Cerebellum mit verschiedenen Rückenmarksfaserbahnen.

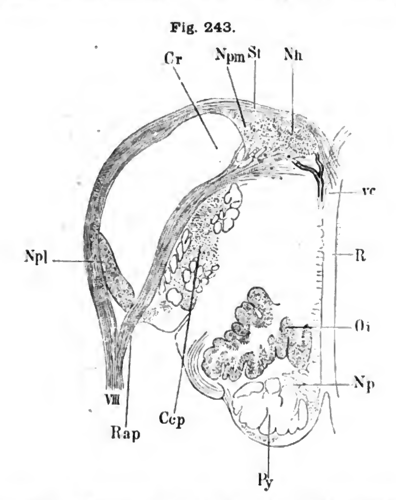
Pons.

In der Brücke liegen die Ursprungskerne des fünften bis achten Hirnnerven. Es sind langgestreckte, aber dünne Zellensäulen, ähnlich denen der Medulla oblongata. Die oberen und unteren Grenzen der Nervenkerne fallen keineswegs mit den anatomischen Begrenzungen des Pons und der anderen resp. Hirntheile zusammen: so z. B. erstreckt sich der sensible Ursprungskern des N. trigeminus vom vorderen Ende des Aequaeductus Sylvii bis tief in's Halsmark und durch zwischengelagerte sonstige Bahnen ist die graue Substanz,

welche diesen Nervenstämmen den Ursprung gibt, noch mehr zerklüftet und die Theile sind weiter von einander gedrängt, als in der Medulla oblongata.

Die *Pyramidenstränge* (Fig. 243 *Py*) setzen sich innerhalb des Pons unverändert in aufsteigender Richtung fort. Anfangs mehr compact (S. 412) und cylindrisch, ziehen sie sich nach oben lateralwärts in die Breite, zerklüften sich durch Einlagerung von transversalen Brückenfasern. Unverändert erhält sich im untersten Abschnitt des Pons die Fortsetzung der Olive oder *unteren Olive* (Fig. 243 *Oi*). Sie endigt nach oben (Fig. 244 *Oi*), wie bereits beschrieben wurde (S. 409).

Fig. 243.



Querschnitt *) des Pons durch eine der untersten Striae medullares. V. 300/1. *Nh* Oberes Ende des Hypoglossuskerns. *St* Stria medullaris. *Npm* Medialer Kern der hinteren Acusticuswurzel. *Cr* Corpus restiforme. *Npl* Lateraler Kern der hinteren Acusticuswurzel, die in ihrem Verlaufe noch kleinere gangliöse Einlagerungen zeigt. *VIII* N. acusticus. *Rap* Radix posterior N. acustici, innere Abtheilung. *Ccp* Caput columnae posterioris; die querdurchschnittenen Nervenbündel gehören der unteren sensiblen Trigeminuswurzel an. *Py* Pyramidenstrang. *Np* Nucleus pontis. *Oi* untere Olive. *R* Raphe. *vc* Vena centralis.

Um den lateralen Rand der Pyramidenstränge windet sich der vordere Theil des N. abducens. Weil dieser Theil sich abwärts biegt, um am unteren Rand der Brücke die letztere zu verlassen, tritt derselbe, nachdem die Oliven aufgehört haben, in weiter abwärts fallenden Querschnitten (Fig. 244 *VI*) des Pons auf, als die übrigen hinteren drei Viertel (Fig. 246 *VI*) des Nervenverlaufs. Was letzteren anlangt, so durchbohrt der N. abducens, in mehrere Bündel getheilt, die Pyramidenstränge oder umzieht ihren lateralen Rand (Fig. 244 *VI*), läuft horizontal medianwärts und nach hinten, die durch reticuläre Formationen zerklüfteten weissen Vorderstränge und Seitenstränge durchsetzend, resp. ihre Grenzlinie gegen einander bezeichnend. Dann biegt sich der N. abducens nahe neben der Medianebene am Boden des vierten Ventrikels ein wenig lateralwärts und endigt, pinselförmig

---

*) Die in Fig. 243—251 abgebildeten Präparate sind sämmtlich in derselben Weise dargestellt: einige Stunden nach dem Tode Einlegen des Pons in Spiritus, 24 Stunden nachher in 1%ige Chromsäure, einige Wochen später 24 Stunden lang in Wasser, dann ebenso lange in Spiritus, dann einige Tage in mehrere Male gewechselten absoluten Alkohol. Mit einem breiten dünnen hohlgeschliffenen Gehirnmesser wurden aus freier Hand feine Querschnitte gemacht und successive mit Carmin, Wasser, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam behandelt. Die in Fig. 244—246 und 248 weiss gelassenen Stellen sind mit dunkeln Nervenbündelquerschnitten ausgefüllt (S. 422, Anm.) zu denken, wie sie in Fig. 242 und Fig. 251 vollständig angegeben worden sind. Die Fig. 243—251 bilden, abgesehen von der Längsansicht in Fig. 247, eine von unten nach oben fortgesetzte Serie von Querschnitten der rechten Körperhälfte, die von oben gesehen werden.

ausstrahlend, im *Abducenskern*, Nucleus abducens (Fig. 245 *Nabd*. Fig. 246); gemeinschaftlicher Facialis- und Abducenskern, Stilling; Nucleus facialis, Henle; Hauptkern des Facialis, Clarke. Dies ist eine in der Verlängerung des Hypoglossuskerns gelegene, aber durch einen Zwischenraum von letzterem getrennte,

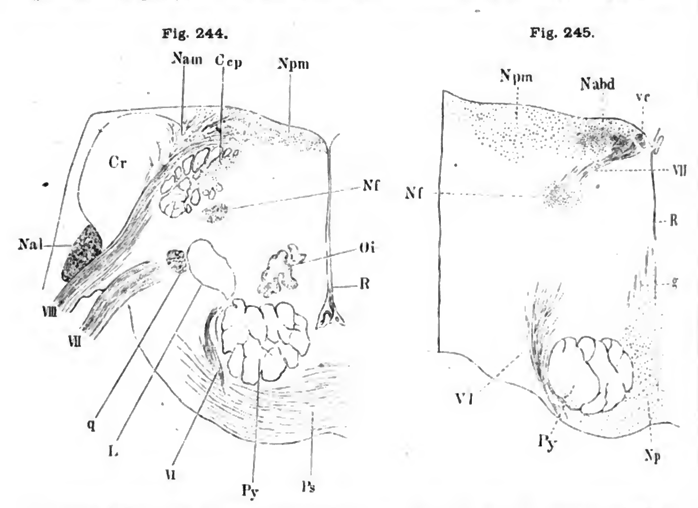


Fig. 244. Querschnitt des Pons durch die vordere Acusticuswurzel. V. 300/3. *Npm* medialer Kern der hinteren Acusticuswurzel. *Ccp* Caput columnae posterioris (S. Fig. 243). *Nam* Medialer Kern der vorderen Acusticuswurzel. *Cr* Querschnitt des Corpus restiforme. *Nal* Lateraler Kern der vorderen Acusticuswurzel. *VIII* N. acusticus. *VII* N. facialis. *q* schräg durchschnittenes Stück des N. facialis. *L* Lücke innerhalb des Pons. *VI* N. abducens. *Py* Pyramidenstrang. *Ps* oberflächliche Brückenfasern. *R* Raphe mit Blutgefässen. *Oi* oberes Ende der unteren Olive. *Nf* Kern des N. facialis.

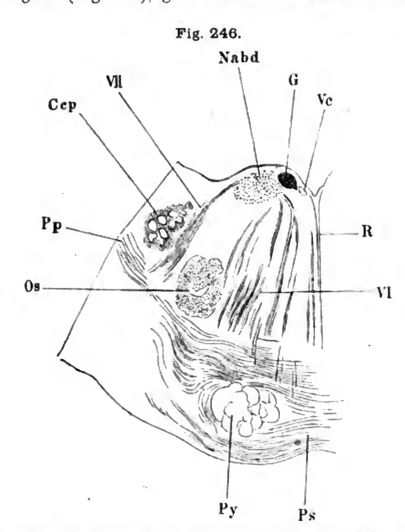
Fig. 245. Querschnitt des Pons unmittelbar oberhalb des oberen Endes der unteren Olive. V. 30/3. *vc* Vena centralis. *Nabd* Abducenskern. *Npm* Medialer Kern der hinteren Acusticuswurzel. *Nf* Facialiskern. *VI* N. abducens. *Py* Pyramidenstrang. *Np* Nucleus pontis. *g* Blutgefässe. *R* Raphe. *VII* Ursprungsschenkel des N. facialis, der aus dem Kern *Nf* entspringt, mit Bündeln den Abducenskern durchsetzt und in das Zwischenstück übergeht, daher neben der V. centralis abgeschnitten ist.

aus grossen multipolaren motorischen Ganglienzellen gebildete, längliche, graue Säule, die von der Höhe des oberen Endes der unteren Olive bis zum oberen Rande des Austrittsschenkels des N. facialis reicht (Fig. 247 *Nabd*). Ihre Längen-Dimension ist mithin geringer, als die des Hypoglossuskerns; ihre Dicke (1—2 Mm.) aber eine ähnliche, am oberen Ende abnehmende.

Der N. facialis hat einen eigenthümlich gebogenen Verlauf. Von seiner Austrittsstelle aus der Brücke wendet er sich nach hinten und medianwärts zur Medianlinie des Bodens der vierten Hirnhöhle. Dieser *Austrittsschenkel* (Fig. 247 *VII*) des N. facialis ist zugleich der *obere* (Fig. 246 *VII*). Der Schenkel verläuft ein wenig geschlängelt (daher mitunter im Querschnitt, wie bei *q* Fig. 244, erscheinend) und zugleich schräg aufsteigend bis zu einer kleinen, aber mit freiem Auge sichtbaren Erhabenheit (Fig. 247 *G*), die am

Boden des vierten Ventrikels in dem Winkel liegt, welchen die oberste Stria medullaris acustica mit der Medianlinie bildet. Und zwar findet sie sich etwas oberhalb der betreffenden Stria. An dieser Stelle biegt der Austrittsschenkel rechtwinklig um: *Knie* des Zwischenstücks oder Genu N. facialis, verläuft senkrecht absteigend und longitudinal dicht neben der Medianlinie am Boden des vierten Ventrikels, von letzterem durch gelatinöse und graue Substanz (Acusticuskern) getrennt. Dieses verticale *Zwischenstück* (Fig. 247 *G*. Fig. 246 *G*) des N. facialis — constante hintere Wurzel des N. trigeminus, Stilling — hat 5 bis 7 Mm. Länge, 1 bis 2 Mm. Dicke. Medianwärts grenzt dasselbe an die Raphe, lateralwärts an den Abducenskern; nach vorn an die hintersten Bündel der fortgesetzten Vorderstränge. Es nimmt nach unten allmälig an Durchmesser ab, seine Form ist abgeplattet-cylindrisch; unten mehr oval, im Querschnitt von links nach rechts verlängert. Zugleich nähert sich das untere Ende des Zwischenstücks noch etwas mehr der Medianebene. Zum zweiten Male rechtwinklig umbiegend (Fig. 247), geht letzteres in den horizontalen *unteren* oder *Ursprungsschenkel* (Fig. 247 *U*. Fig. 245 *VII*) des N. facialis über. Dieser verläuft in einer der Länge des Zwischenstücks ungefähr gleichkommenden Entfernung parallel und unter dem Austrittsschenkel (Fig. 246 *VII*) lateralwärts und nach vorn durch die Substanz des Seitenstrangs und endigt, allmälig von oben nach unten ähnlich wie eine Federfahne (Fig. 247) ausstrahlend, in einer verticalen, etwas schräg gerichteten, spindelförmigen Zellensäule (Fig. 247 *Nf*. Fig. 244. 245 *Nf*): dem *Facialiskern*, Nucleus N. facialis, unterer Trigeminuskern, Stilling; motorischer Trigeminuskern, Clarke, Dean; Nucleus olivaris superior, Henle; vorderer Facialiskern, Meynert. Zufolge dieser Anordnung erklärt es sich, weshalb Querschnitte der Brücke den Ursprungsschenkel (Fig. 245 *VII*) schmaler, lockerer, weniger scharf begrenzt zeigen — im Gegensatz zu den dickeren und mehr cylindrischen Bündeln des Austrittsschenkels (Fig. 246 *VII*).

Fig. 246.



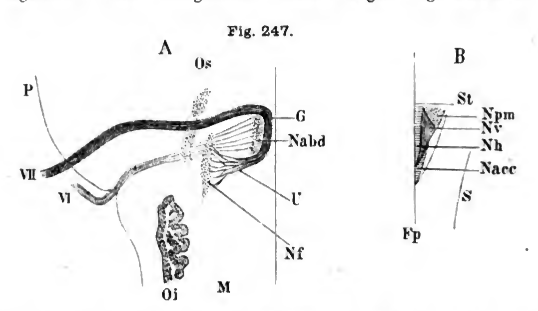
Querschnitt des Pons durch die Austrittsstelle des N. facialis. V. 300/3—4. *Vc* Vena centralis. *G* Zwischenstück des N. facialis. *Nabd* Abducenskern. *VII* Bündel des Austrittsschenkels des N. facialis. *Cep* Caput columnae posterioris (S. Fig. 243). *Pp* tiefe Brückenfasern. *Os* obere Olive. *Py* Pyramidenstrang. *Ps* oberflächliche Brückenfasern. *VI* Bündel des N. abducens. *R* Raphe.

Aus dem angegebenen Verlauf des N. facialis folgt, dass es weder an Quer-, noch an sagittalen oder frontalen Längsschnitten möglich ist, den

ganzen Verlauf des N. facialis auf einmal zu überblicken (und durch ähnliche Gründe wird es bedingt, dass auch über viele andere Structur-Verhältnisse der Centralorgane weder reine Längs- noch Querschnitte hinreichende Aufschlüsse geben). Die Fasern der centralen Facialisbahn gehören sämmtlich zu den starken, und sie bilden im Zwischenstück ein ganz compactes Bündel (Fig. 246 *G*). Da die Richtung des Ursprungsschenkels eine schräg absteigende (Fig. 247 *U*) ist, so begegnet man den Ursprungsfasern, die pinselförmig in den Kern einstrahlen, auf Querschnitten bereits im unteren Theil der Brücke (Fig. 245), bevor der ovale (bei Säugethieren runde) Querschnitt des verticalen Zwischenstücks (Fig. 246 *G*) zu erscheinen anfängt.

Man hat den Facialisverlauf (Fig. 247 *A*) auch einem in der Brücke schräg liegenden Hufeisen verglichen. Dessen Bogen liegt senkrecht längs

Fig. 247.



A Schema vom Verlauf der Facialiswurzel, durchsichtige Seitenansicht der Brücke. V. 2. *P* Vorderrand des Pons. *M* Medulla oblongata. *Oi* untere Olive. *Os* obere Olive. *VII* Austrittsschenkel des N. facialis; der vordere Theil des ersteren etwas in die Höhe gerückt, um die tieferen Formbestandtheile nicht zu verdecken. *G* Knie des Zwischenstücks. *U* Ursprungsschenkel des N. facialis. *Nf* Facialiskern. *VI* N. abducens. *Nabd* Abducenskern. Der N. abducens und sein Kern liegen vom Beschauer am entferntesten, dann kommt die obere Olive sowie der Facialiskern und Ursprungsschenkel; am nächsten dem Beschauer liegt der Austrittsschenkel *VII*. **B** Schema der Hirnnervenkerne auf dem Boden der vierten Hirnhöhle. Rechte Hälfte der Medulla oblongata von hinten gesehen. *S* Seitenrand der Medulla. *Fp* Fissura longitudinalis posterior und Medianlinie des Ventrikels. *Nacc* Kern des N. accessorius in der unteren Spitze des vierten Ventrikels gelegen. *Nh* Hypoglossuskern. *Nv* Vaguskern. *Npm* Medialer Kern der hinteren Acusticuswurzel. *St* unterste Stria medullaris des Acusticus.

der Medianebene, der obere Schenkel ist lateralwärts und nach vorn gerichtet, der untere ebenfalls nach vorn, aber kürzer, mit seinem Vorderende windschief medianwärts abweichend und so den Facialiskern erreichend. In der Concavität des Hufeisenbogens liegt der Abducenskern (Fig. 247 *Nabd*). Da die Fasern des Ursprungsschenkels des Facialis, um zu dem Zwischenstück zu gelangen, in kleine Bündel vertheilt, den vorderen Rand des Abducenskerns durchsetzen (Fig. 245 *VII*), so entsteht leicht der Anschein, als ob sie theilweise aus letzterem entspringen würden.

Der Facialiskern enthält mittelgrosse und grössere multipolare Ganglienzellen. Nach oben nimmt seine Dicke, die 0,7—1 Mm. beträgt, ab: sein oberes Ende liegt etwas unterhalb des unteren Randes des Austrittsschenkels. Nach unten wendet sich der Kern ein wenig lateralwärts und nach vorn; er erscheint medianwärts neben den Wurzelbündeln des N. facialis, vorn nur bedeckt von den oberflächlichen Brückenfasern, und reicht nach unten ungefähr (Fig. 244 *Nf*) bis zum oberen Ende der unteren Olive.

Ludwig mit Dittmar (1874) halten den Facialiskern für eine Fortsetzung des Seitenstrangkerns (S. 412) und für ein vasomotorisches Centrum (Kaninchen). — Stieda (1870) sah bei Säugethieren den Facialiskern sich in den oberen Theil der Medulla oblongata fortsetzen und Clarke (1858, 1868) beschrieb ähnliche Zellen-Anhäufungen beim Menschen als unteren Theil seines (und Stilling's) motorischen Trigeminuskerns. Der Kern erstreckt sich — beim Schaf — wenigstens bis zum oberen Ende des Nucleus N. hypoglossi (W. Krause). Die Differenz dürfte von der beim Menschen stärker ausgebildeten embryonalen Brückenkrümmung abhängig sein, wodurch der Facialiskern weiter nach oben verschoben wird; denn ursprünglich liegt letzterer tiefer abwärts. Der eigenthümliche Verlauf der Facialiswurzel wird sich nämlich aus der Entwicklungsgeschichte wahrscheinlich dadurch erklären, dass der Facialiskern anfangs unterhalb der Nackenbeuge des embryonalen Medullarrohrs gelegen ist, die Austrittsstelle des Stammes aus der Wand des Medullarrohres aber oberhalb der genannten, in beinahe rechtem Winkel nach vorn gerichteten Krümmung. Indem sich die Brückenkrümmung ausbildet, wird der Stamm durch Auswachsen der Axencylinderfortsätze der Ganglienzellen des Nucleus N. facialis in der Richtung nach oben gleichsam gedehnt, und so entsteht das Zwischenstück. Durch Verdickung der Substanz weisser Stränge gelangt der letztgenannte Kern etwas nach vorn, woraus sich die Entstehung des kürzeren Ursprungsschenkels ergibt (W. Krause).

Der N. acusticus bietet nicht minder complicirte Verhältnisse. Sein Hauptkern liegt in der Fortsetzung der grauen Substanz lateralwärts am Boden des vierten Ventrikels, und zu diesem gelangt die *hintere Wurzel des N. acusticus.* Sie setzt sich aus den Striae medullares zusammen, welche bogenförmig (Fig. 243 *St*) die Corpora restiformia umkreisen und an deren Vorderrande mit Bündeln der hinteren Wurzel sich vereinigen (Fig. 243 *VIII*), die als innere Abtheilung der Radix posterior das Corpus restiforme durchbohrt haben (Fig. 243 *Rap*). An der Zusammentrittsstelle beider Abtheilungen vor dem Corpus restiforme liegt ein kleiner grauer Kern, der *lateralе Kern der hinteren Acusticuswurzel,* untere Abtheilung des vorderen Acusticuskerns, Nucleus acusticus inferior. Derselbe (Fig. 243 *Npl*) ist aus kleinen multipolaren Ganglienzellen und gelatinöser Substanz zusammengesetzt. Die Striae medullares enthalten (Fig. 243) am Vorderrande der Corpora restiformia ebenfalls Ganglienzellen, welche, anscheinend bipolar, eine spindelförmige Auftreibung des betreffenden Nervenbündels bewirken können, und mehrere solcher Einlagerungen sind hier und da rückwärts im Verlaufe der Striae, sogar noch am Boden der vierten Hirnhöhle eingestreut. Beide Abtheilungen der hinteren Wurzel entstehen, wie gesagt, aus dem Hauptkern, dem *medialen Kern der hinteren Acusticuswurzel,* innerer Kern des Acusticus, Nucleus acusticus superior. Sein unteres Ende beginnt bereits in der Medulla oblongata (S. 412, Fig. 242 *Na*), dann erstreckt sich dieser Kern, sich ausdehnend und auf dem Querdurchschnitt eine dreiseitige Form annehmend, nach oben (Fig. 243 *Npm.* Fig. 244 *Npm*), bis derselbe in der Höhe der Striae medullares fast die ganze Breite des Bodens der vierten Hirnhöhle einnimmt (Fig. 245 *Npm*). Sein oberes Ende entspricht der obersten Stria medullaris und fällt mit der Umbiegung des Zwischenstücks in den Austrittsschenkel des N. facialis annähernd zusammen.

Die Zellen des medialen Kerns der hinteren Acusticuswurzel sind zerstreut, multipolar oder spindelförmig, klein, doch mit einzelnen grossen gemischt. Die Nervenfasern der hinteren Wurzel sind fein, im Maximo von 0,02 Dicke; sie lassen sich zum Theil — namentlich die der Striae medullares — durch den hintersten Theil der Raphe hindurch (Fig. 243 *R*) in den entsprechenden Kern der entgegengesetzten Seite verfolgen.

Die *vordere Acusticuswurzel* besitzt ebenfalls zwei Kerne — beide Wurzeln zusammen also vier Kerne. Sie verläuft längs des medialen Randes des Corpus restiforme (Fig. 244 *VIII*) zu einer Zellengruppe, welche im medialen Theile des Corpus restiforme zwischen dessen Fasern eingestreut liegt. Dieser *mediale Kern der vorderen Acusticuswurzel,* äusserer Kern des Acusticus, Clarke, Meynert; lateraler Kern, Stieda (Fig. 244 *Nam*), enthält vorzugsweise grosse multipolare Ganglienzellen. Die Fasern der vorderen Wurzel sind stärker, als die der hinteren.

Der *laterale Kern der vorderen Acusticuswurzel,* vorderer Kern des Acusticus, obere Abtheilung des vorderen Kerns, Nucleus acusticus

lateralis, liegt an der lateralen Seite der Wurzel nahe an ihrem Austritt aus dem Pons (Fig. 244 *Nal*). Es ist eine in verticaler Richtung 5 Mm. lange, von vorn nach hinten 3 Mm. messende und in Maximo 2 Mm. breite, daher an Chromsäure-Präparaten sehr gut dem freien Auge sichtbare und auch am frischen Pons zu erkennende, im Querschnitt ovale und der Richtung der Acusticuswurzel parallel gestellte Säule von rundlichen, multipolaren Ganglienzellen, die sich durch eine endotheliale Scheide oder Umhüllung auszeichnen, welche diese Zellen als den Spinalganglien homolog erscheinen lässt. Das Ganglion wird von zahlreichen Capillargefässen durchzogen: es liegt eingekeilt zwischen dem Crus cerebelli ad pontem, der Flocke, Corpus restiforme und der vorderen Acusticuswurzel. Mit demselben steht die — ebenfalls starke (bis 0,033 dicke) Nervenfasern führende — *Portio intermedia* des Acusticus in Verbindung.

Nur in einer kurzen Strecke nahe oberhalb der unteren Grenze des Pons liegen die vorderen Theile der Nn. abducentes und faciales, sowie die vorderen Wurzeln der Nn. acustici, wie sich auf Querschnitten zeigt, in denselben Horizontalebenen (Fig. 244 *VI*, *VII*, *VIII*). Die hinteren Acusticuswurzeln verlaufen in tieferen (Fig. 243 *St*), die hinteren Theile der Nn. abducentes (Fig. 245 *VI*. Fig. 246 *VI*) und die Austrittsschenkel der Nn. faciales (Fig. 246 *VII*) in höheren Ebenen.

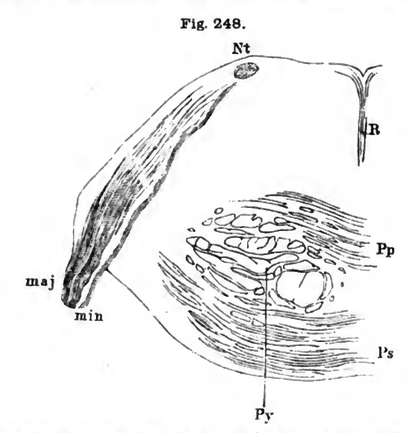
Der Kopf der Hintersäule des Rückenmarks lässt sich durch die Brücke bis zur Austrittsstelle des N. trigeminus (über letzteren s. auch Emin. quadr.) verfolgen, und endigt daselbst. Derselbe stellt eine rundliche, schräg vorwärts und lateralwärts gerichtete gelatinöse Masse dar, welche an ihrer vorderen lateralen Oberfläche von vertical absteigenden longitudinalen Nervenfaserbündeln umrandet wird. Dies sind die absteigenden oder *unteren Wurzelbündel der Portio major N. trigemini*: das Caput columnae posterioris (Fig. 243 *Ccp*. Fig. 244. Fig. 246 *Ccp*) innerhalb des Pons, der Medulla oblongata (Fig. 242 *Cap*) und der beiden obersten Halsnerven (Fig. 240 *Cap*) kann daher als *unterer sensibler Trigeminuskern* bezeichnet werden. Die absteigenden (S. 406) Wurzelbündel erscheinen dem entsprechend schon auf viel weiter abwärts gelegenen Querschnitten (Fig. 240. Fig. 242 *pl*); sie sind homolog den absteigenden Fasermassen der hinteren Rückenmarksnervenwurzeln (S. 390).

An der medialen Seite der Portio major N. trigemini ziehen sich in geschlängeltem, nach oben, vorn und medianwärts etwas convex gebogenem Verlauf die Bündel der motorischen Wurzel (Fig. 248 *min*) oder der *Portio minor N. trigemini* durch die Brücke. Sie stellen einen Kreisabschnitt dar, dessen Sehne die Portio major bildet, und endigen im *motorischen Trigeminuskern*, oberer Trigeminuskern, Nucleus N. trigemini (Fig. 248 *Nt*). Derselbe liegt am lateralen vorderen Rande des Bodens der vierten Hirnhöhle, wo der letztere in die Decke überzugehen anfängt und im Allgemeinen 1 Mm. tief unter der hinteren Oberfläche. Er reicht von der Austrittsstelle der Portio major Trigemini bis zur Mitte zwischen der letzteren und dem unteren Rande des Pons. Am Boden der vierten Hirnhöhle liegt sein oberes Ende dicht unter dem Anfange des Aquaeducts: sein unteres reicht noch in die Region des hinteren Abschnitts des Austrittsschenkels des N. facialis. Es ist eine cylindrische, oben und unten abgerundete Säule grosser gelblich-pigmentirter, multipolarer Zellen, seine Dicke beträgt bis 2 Mm.; seine Länge noch mehr.

Der *mittlere sensible Trigeminuskern* der Portio major N. trigemini besteht aus einzelnen getrennten Gruppen kleiner multipolarer Ganglienzellen, die von oben nach unten einen Raum von 5 Mm. einnehmen und dem hinteren Ende der Wurzel der Portio major eingelagert sind. In dieser Gegend erst theilen sich die von ihren seitlichen Flanken her stark abgeplatteten Bündel; sie biegen grösstentheils abwärts zu dem beschriebenen Kopf der Hintersäule, zum klei-

neren Theile aber nach oben um und gehen in die aufsteigende oder *obere Wurzel der Portio major N. trigemini* über, welche durch die ganze Eminentia quadrigemina sich verfolgen lässt und in dem daselbst gelegenen *oberen sensiblen Trigeminuskern* (Fig. 250 *V*) endigt (S. Eminentia quadrigemina). Der N. trigeminus hat also vier Kerne, wie der Acusticus. — Viele Fasern der Portio major verlaufen ähnlich wie die Striae medullares des Acusticus bis zur Mittellinie und treten durch die Raphe zum mittleren Trigeminuskern der anderen Seite.

Fig. 248.



Querschnitt des Pons durch den Austritt des N. trigeminus. V. 300/3. *Nt* motorischer Trigeminuskern. *maj* Portio major N. trigemini. *min* Portio minor. *Ps* oberflächliche Brückenfasern. *Pp* tiefe Brückenfasern. *R* Raphe.

In dieser Beziehung — Kreuzung zur Hälfte ihrer Fasern — verhalten sich die sensiblen Hirnnerven: Vagus, Glossopharyngeus, Acusticus und Portio major trigemini, wie die hinteren Rückenmarkswurzeln. — Dass die sensiblen Nerven so weit abwärts reichen und die Nervenkerne überhaupt so lang sind, kann nicht auffallen, wenn man an die Distanzen denkt, welche die benachbarten Rückenmarksnerven von einander trennen und von entsprechenden, relativ dünnen Zellensäulen der Vorder- und Hintersäulen eingenommen werden. Vermuthlich entspringen die Fasern des R. lingualis annähernd in gleicher Höhe mit dem Hypoglossuskern, mithin aus dem unteren sensiblen Trigeminuskern; die des N. maxillaris superior aus dem mittleren sensiblen Kern (S. auch Emin. quadrig. S. 427). — Von der Portio major und auch vom N. acusticus wird seit Foville (1844) mehrfach angegeben, dass einige ihrer Fasern mit den Corpora restiformia, resp. Crura cerebelli ad pontem in das Kleinhirn gelangen. Insofern das Cerebellum sich als hinter dem Centralkanal gelegener Theil der oberen Hälfte vom embryonalen dritten Hirnbläschen entwickelt (S. 402), aus welcher Hälfte der dritte Schädelnerv (S. 403) entspringt, dessen hintere Wurzeln gerade der N. acusticus und die Portio major darstellen, ist diese Annahme durchaus wahrscheinlich; die Thatsache selbst wird von Meynert (1870) und für den Acusticus zum Theil schon von Stilling (1846) vertreten. Eine mitunter vorkommende, schräg aufwärts und lateralwärts verlaufende obere Stria medullaris: Klangstab, Bergmann (1831), deutete Stilling (1846) als inconstante hintere Wurzel der Portio major N. trigemini, die nach abwärts in das obere Ende des Hypoglossuskerns eintreten sollte; v. Lenhossek (1855), wie es scheint, ferner Deiters (1865) und Luschka (1867) als motorisches Bündel des Trigeminus, Schroeder van der Kolk (1858) als Acusticuswurzel; Meynert (1870) als Acusticuswurzel aus dem Kleinhirn (S. auch S. 435).

Die *obere Olive,* Corpus s. Nucleus olivar. super.; Appendix des unteren Trigeminuskerns, Stilling; Nucleus dentatus partis commissuralis bei Säugethieren, Stieda, ist eine langgestreckte, in ihrem unteren Theil dickere graue Säule, welche im unteren Theil der Brücke vor dem Facialiskern gelegen ist. Eingebettet zwischen die tiefen Brückenfasern und die von den Seitensträngen durchzogene Formatio reticularis, grenzt sie lateralwärts: unten an die Bündel des Ursprungsschenkels, weiter oben (Fig. 246 *Os*) an den Austrittsschenkel vom N. facialis. Ihr unteres Ende (Fig. 247 *A*, *Os*) reicht nicht so weit abwärts, wie der Facialiskern, und entspricht dem Niveau der Krümmung, welche die Bündel des N. abducens im vordersten Viertel ihres Verlaufs nach unten zum unteren Brückenrande führt. Sie hängt nicht zusammen und ist nicht zu verwechseln mit dem Kern der Seitenstränge (S. 412, Fig. 242 *Nl*), dessen Stelle ihrer Lage ungefähr entspricht. Der leicht nach vorn convexe obere Theil der oberen Olive biegt sich etwas nach hinten, überragt den Austrittsschenkel des N. facialis nach oben (Fig. 247) und reicht bis in das Niveau des motorischen Trigeminuskerns.

Die obere Olive besteht aus mehreren Windungen und scheinbar abgetrennten Massen grauer Substanz, die schlecht begrenzt sind und sich undeutlich von grauen Einlagerungen der Formatio reticularis abheben. Die Zellen sind klein, viel kleiner als die des benachbarten Facialiskerns, auch kleiner als die der unteren Olive; sie imbibiren sich wenig mit Carmin etc. Sie enthält granulirtes Bindegewebe, Blutcapillaren, feine Nervenfasern, die sie, wie es scheint, einerseits mit den tiefen Brückenfasern und durch diese mit den Crura cerebelli ad pontem, andererseits mit der grauen Substanz der Formatio reticularis in der Brücke, mit der Raphe und der entgegengesetzten Körperhälfte, resp. der oberen Olive der anderen Seite in Verbindung setzen.

Die obere Olive ist bei Säugethieren, namentlich Orang-Outang, Carnivoren und Kaninchen, viel stärker entwickelt, gleicht durch ihre Windungen der unteren Olive, und hat davon ihren Namen. Sie wurde bei Säugethieren durch Clarke (1857) und Schroeder van der Kolk (1858) entdeckt.

Weisse Substanz der Brücke. Die dünneren longitudinalen Bündel der Vorder- und Seitenstränge in der Formatio reticularis setzen sich aus der Medulla oblongata (Fig. 242) in die Brücke fort. Im unteren Theil der letzteren nehmen sie noch einen relativ grossen Raum ein; die Grenzen der Vorder- und Seitenstränge gegen einander werden durch die Abducenswurzeln markirt [Fig. 245*) *VI*. Fig. 246*) *VI*]. Die Seitenstränge sind lateralwärts vom Kopf der Hintersäule und der unteren sensiblen Trigeminuswurzel durch die Facialisschenkel gesondert. Zwischen den longitudinalen Bündeln der genannten Stränge durchsetzen die *tiefen Brückenfasern,* Fibrae transversales pontis profundae (Fig. 246 *Pp*. Fig. 248 *Pp*), hintere quere Ponsfasern, den Pons; sie stammen aus den Crura cerebelli ad pontem, reichen nach vorn bis zur hinteren Grenze der Pyramidenstränge und treten im unteren Theile der Brücke theilweise unbedeckt (mittlere Querfasern) lateralwärts an der vorderen Oberfläche zu Tage. Sie sind in dem genannten Theile (wenigstens bei Kindern) vollständig geschieden von den *oberflächlichen Brückenfasern,* Fibrae transversales pontis superficiales, äussere Querfasern (Fig. 243. Fig. 244 *Ps*, 246 *Ps*, 248 *Ps*), die vor den Pyramidensträngen hinziehen und wie ein breites, ursprünglich durch fibrilläres Bindegewebe und Blutgefässe getrenntes, transversales Band von oben her die Pyramidenstränge und oberen Enden der unteren Oliven überlagern. Während also die oberen Oliven hinter dem vorderen Theile der tiefen Brückenfasern gelegen sind, treten die unteren Oliven vor die letzteren. Ein Rest jener Trennung durch Bindegewebe erscheint als lateralwärts von unten her in die Brücke sich einsenkende, von Bindegewebe und an ihrer Innenfläche von dünner gelatinöser Substanz ausgekleidete macroscopische Lücke (Fig. 244 *L*) innerhalb des Pons. Oberflächliche und tiefe Brückenfasern der linken und rechten Seite kreuzen sich durch die *Raphe* hindurch, die ziemlich schmal ist (Fig. 244 *R*. Fig. 246 *R*).

Die ganze Substanz der Brücke wird von zahlreichen unregelmässigen Haufen grauer Substanz eingenommen, die als *Nuclei pontis, Brückenkerne* (Fig. 243 *Np*. Fig. 245 *Np*) zusammengefasst werden können. Sie enthalten viele kleine multipolare Ganglienzellen; etwas grössere sind in der Formatio reticularis ausgestreut. Im unteren Theil der Brücke liegen grössere Anhäufungen zwischen den oberflächlichen Brückenfasern, namentlich in der Nähe der Medianlinie, ferner unmittelbar hinter denselben und längs der Raphe an beiden Seiten eine sagittale, nach hinten sich verlierende Platte bildend

*) In diesen Figuren sind die weissen Räume zwischen Raphe, N. facialis, Abducenskern etc., mit querdurchschnittenen dunkeln Longitudinalbündeln der Formatio reticularis, wie in Fig. 212 (S. 410), ausgefüllt zu denken. Dasselbe gilt in Betreff der medianwärts von den vorderen Acusticuswurzeln gelegenen Parthien der Fig. 243 (*Rap*) und 244.

(Fig. 245 *Np*). Weiter aufwärts nehmen die grauen Kerne, insbesondere zwischen den vorderen Abtheilungen der tiefen Fasern beträchtlich zu und bilden zusammen wohl ein Viertel der ganzen Brückenmasse. Die Vorder- und Seitenstränge incl. des Kopfes der Hintersäule werden dadurch auf die hintere Hälfte der Brücke zurückgedrängt und beschränkt (S. den weissen Raum zwischen *Pp* und *Nt* in Fig. 248).

Der Verlauf der Brückenfasern, die im Verhältniss zu den übrigen Nervenfasersträngen der Nachbarschaft sämmtlich sehr fein sind, ist ein schräg sich durchkreuzender; nach oben werden die oberflächlichen Fasermassen stärker, auch die *Pyramidenstränge* (Fig. 243 *Py*. Fig. 244. Fig. 245. 246 *Py*) von ihnen durchsetzt und in einzelne Bündel aufgelöst (Fig. 248 *Py*). Das eigenthümlich compacte Ansehen derselben (S. 412) verschwindet. Oberflächliche und tiefe Brückenfasern gehen, wie gesagt, aus den Crura cerebelli ad pontem hervor; sie schliessen sich nach unten an die Fibrae arciformes. Die Fibrae arciformes (externae) sind den oberflächlichen, die transversales (internae) den tiefen Brückenfasern homolog, die Nuclei arciformes (S. 413) den Nuclei pontis. Die Verbindung mit dem Kleinhirn wird bei den Fibrae arciformes durch den lateralen Theil der Corpora restiformia vermittelt; die Verbindungen zwischen beiden Körperhälften geschehen vielleicht vermittelst der unteren und oberen Oliven.

Ueber die Crura cerebelli ad pontem s. Kleinhirn; über den Locus coeruleus s. Eminentia quadrigemina; über das Ependym des vierten Ventrikels s. Bindegewebe des Gehirns.

Mittelhirn.

Eminentia quadrigemina.

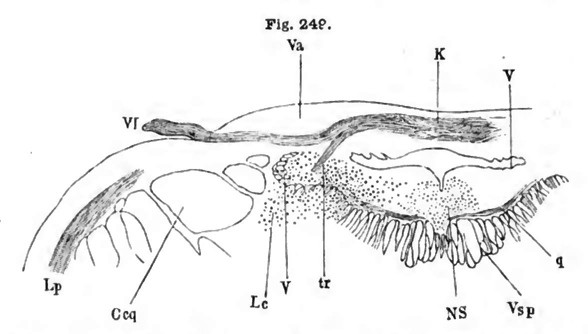
Der oberste Theil der Brücke wird vom vorderen Ende des Velum medullare anterius, in welchem der N. trochlearis verläuft, überlagert. Da dieser Nerv seinen Ursprungskern im Niveau der Eminentia quadrigemina hat, so wird jener Abschnitt der Brücke zur Beschreibung der Eminentia quadrigemina mit hinzugezogen. Es ist dabei zu bemerken, dass durch allmälige, mit der Medulla oblongata beginnende Krümmung die hintere Oberfläche des Markes resp. der Boden des vierten Ventrikels nach oben gewendet wird, so dass die vordere Seite der Brücke (und schon der Medulla oblongata) zugleich mehr oder weniger nach unten sieht. Die Ausdrucksweise aber *ändert* sich erst mit der Schilderung des Mittelhirns, und beim Aquaeduct hat man sich zu erinnern, dass seine obere Wand oder Decke der hinteren Begrenzung des Centralkanals im Rückenmark homolog ist. Dasselbe gilt vom Velum medullare anterius.

Die Umgebung des Aquaeductus Sylvii liefert die Ursprungskerne für die Nn. oculomotorius, trochlearis und R. ophthalmicus N. trigemini, die den zweiten Schädelnerven repräsentiren, resp. (vielleicht incl. des N. abducens) dem R. dorsalis eines Spinalnerven (S. 403) homolog sind.

Der N. trochlearis (Fig. 249 *K*) kreuzt sich vollständig im Velum medullare anterius als Stamm mit dem der anderen Seite, vermöge gegenseitiger Durchflechtung ihrer Bündel. Seine hinteren Bündel reichen dabei bis nahe an die Lingula, seine vorderen bis an das hintere Ende der Colliculi posteriores, und es wird somit ein horizontal gelagertes, transversales, Matten-ähnliches Geflecht gebildet. Aus demselben gehen die Bündel, auf der entgegengesetzten Körperhälfte, an welcher sie eingetreten sind (Fig. 249 *VI*),

das Marksegel verlassend (Fig. 249 *tr*), in sagittaler Richtung und nach vorn verlaufend, unter den hinteren Vierhügel. Daselbst werden sie auf frontalen

Fig. 249.



Querschnitt durch die Austrittsstelle des N. trochlearis. V. 300/5. *V* (neben *K*) Höhle des vierten Ventrikels. *K* Kreuzungsbündel beider Nn. trochleares in der Mediangegend. *Va* Velum medullare anterius. *VI* (rectius *IV*) N. trochlearis. *Lp* tiefes Schleifenblatt. *Ccq* Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam. *Lc* Zellen des Locus coeruleus. *V* (neben *Lc*) obere sensible rechte Trigeminuswurzel auf dem Querschnitt. *tr* schräg nach vorn laufendes Bündel desjenigen N. trochlearis, welcher zur entgegengesetzten Körperhälfte geht. *q* querlaufendes Bündel desselben Nerven. *NS* Nuclei aquaeductus. *Vsp* Aufsteigende Reste der Vorderstränge des Rückenmarks.

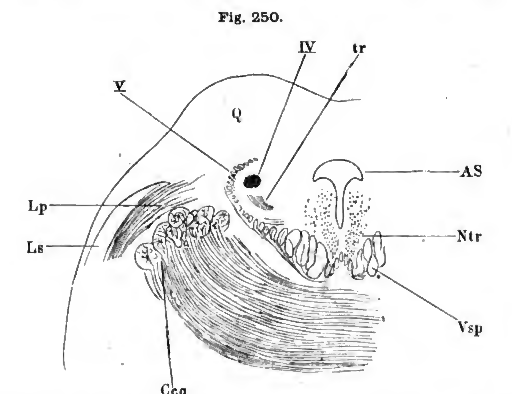
Schnitten quer getroffen (Fig. 250 *IV*). Lateralwärts an das Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam grenzend, anfangs in gleicher Höhe mit der lateralen Kante des Ventrikels, resp. Aquaeducts (Fig. 250 *IV*), streben die aus starken, mit nur sehr wenig feinen Fasern zusammengesetzten Bündel, ein wenig lateralwärts convex sich biegend, unterhalb des hinteren Vierhügels nach vorn und zugleich nach abwärts, indem sie die graue, lateralwärts vom Aquaeduct gelegene Substanz durchsetzen (Fig. 250 *tr*). So gelangen sie (obere Abtheilung der centralen Bahn des N. trochlearis, Stilling; vordere Trochleariswurzel, Henle) zum *Trochleariskern*, Nucleus N. trochlearis (Fig. 250 *Ntr*). Dies ist eine in sagittaler Richtung unterhalb der grauen Substanz, die den Aquaeduct umgibt, gelegene und nach abwärts an die reticuläre Substanz der Vorderstränge grenzende, abgeplattet cylindrische Säule, die aus multipolaren, leicht gefärbten Ganglienzellen mittlerer Grösse besteht. Das hintere Ende des Trochleariskerns beginnt bereits unterhalb der Einsenkung zwischen dem hinteren und vorderen Vierhügel, das vordere Ende verschmilzt mit dem Oculomotoriuskern; der transversale Durchmesser beträgt 1,5, der verticale etwa 1 Mm. Die Nervenfasern gehen in Axencylinderfortsätze der Ganglienzellen über.

Exner (1874) längnete auf Grund electrischer Reiz-Versuche am Kaninchen die Trochleariskreuzung; beim Menschen ist sie leicht anatomisch nachzuweisen.

Der N. oculomotorius hat einen einfachen Verlauf. Seine Wurzelbündel erstrecken sich in Frontalebenen, welche die Austrittsstelle aus dem Centralorgan mit dem Nervenkern verbindet. Sie halten dabei lateralwärts convexe, elegant geschwungene Bögen ein (Fig. 251), und durchziehen die Pedunculi cerebri, Substantia nigra, das Tegmentum und die reticuläre Formation der weissen Stränge lateralwärts von der Raphe, wobei die am meisten lateralwärts verlaufenden Wurzelbündel zugleich die am stärksten gebogenen sind. Der *Oculomotoriuskern*, Nucleus N. oculomotorii, gemeinschaftlicher

Oculomotorius- und Trochleariskern, besteht aus ebenso pigmentirten Zellen wie der Trochleariskern, die zum Theil aber zu den grossen motorischen gehören.

Fig. 250.



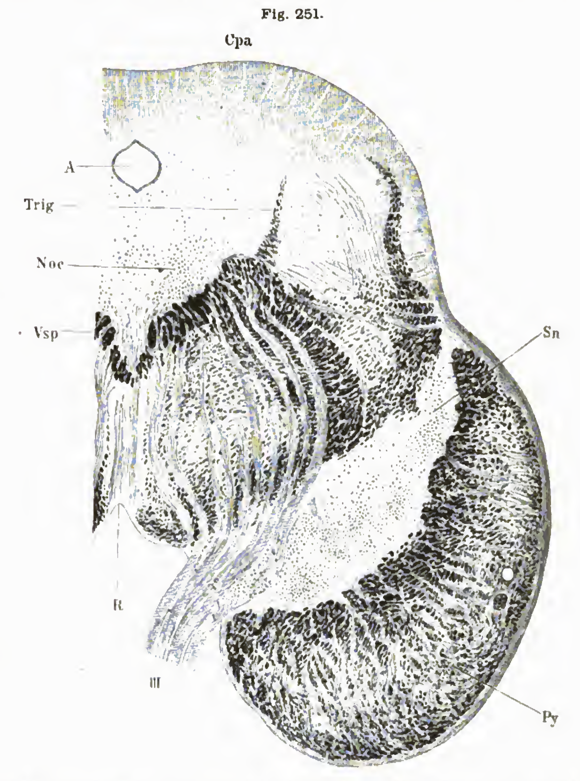
Schräger, von oben hinten nach unten vorn verlaufender Schnitt durch die hinteren Vierhügel. V. 80/1. *AS* Aquaeductus Sylvii. *Ntr* Trochleariskern. *tr* zu diesem Kern verlaufendes Bündel des N. trochlearis *IV* auf dem Querschnitt. *Q* Stelle des hinteren Vierhügelganglion. *V* obere sensible Wurzel des N. trigeminus; die Punkte daran bedeuten die Zellen des oberen sensiblen Trigeminuskerns. *Lp* tiefes Blatt der Schleife. *Ls* oberflächliches Blatt derselben. *Ccq* Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam, in der Medianlinie seine Commissur mit dem der anderen Seite bildend. *Vsp* Reste der ursprünglichen Vorderstränge des Rückenmarks.

Der nach hinten, wie gesagt, mit dem des Trochlearis verschmolzene Kern (Fig. 251 *Noc*) reicht nach vorn bis unter die Commissura cerebri posterior, sich dabei fortwährend der Medianebene nähernd, bis schliesslich die Zellensäulen beider Körperhälften verschmelzen, wie sie es im untersten Ende des Rückenmarks thun. Hiermit hat die graue Vordersäule des Rückenmarks, soweit sie Nervenfasern den Ursprung gibt, nach oben ihren Abschluss erreicht. — Die Form des Oculomotoriuskerns ist eine dreiseitig-prismatische, der längste Durchmesser, auf dem Querschnitt schräg medianwärts und abwärts gerichtet, ca. 4 Mm. betragend, seine Dicke halb so gross.

Der N. trigeminus (S. auch S. 421) hat ebenfalls einen Vierhügel-Ursprung. Dies ist die aufsteigende oder *obere sensible Trigeminuswurzel,* untere Abtheilung der centralen Bahn des N. trochlearis, Stilling; hintere Trochleariswurzel, Henle; Trochleariswurzel, Stieda, Deiters; absteigende oder trophische Trigeminuswurzel. Sie verläuft, von der Eintrittsstelle der Portio major N. trigemini fast rechtwinklig sich umbiegend, nach oben und vorn. Anfangs bilden ihre starken Nervenfasern ein im Querschnitt halbmondförmiges Bündel (Fig. 249 *V* neben *Lc*); weiter nach vorn (Fig. 250 *V*) wird dasselbe compacter, sein Verticalschnitt mehr gestreckt (Fig. 251 *Trig*); zugleich an Mächtigkeit abnehmend, weil immer mehr Fasern austreten und in längs des Bündels selbst gelegenen Ganglienzellen (Fig. 250 *V*) endigen. Abweichend von den übrigen Hirnnervenkernen stellt also dieser *obere sensible Trigeminuskern,* Trochleariskern, Stieda, keinen soliden Zellenhaufen dar. Dafür ist seine Länge nicht unbeträchtlich:

vom Austritt der Portio major aus der Brücke bis zu dem des N. trochlearis aus dem vorderen Marksegel und weiter nach vorn bis unterhalb des vor-

Fig. 251.



Hälfte eines Frontalschnitts durch den Austritt des N. oculomotorius. V. 80/5. ***Cpa*** **Colliculus anterior der Eminentia quadrigemina.** ***A*** **Aquaeductus Sylvii.** ***Trig*** **obere sensible Wurzel des N. trigeminus.** ***Noe*** **Nucleus N. oculomotorii, mit dem der anderen Seite in der Medianebene zusammenhängend.** ***Vsp*** **Fortsetzungen der Vorderstränge des Rückenmarks (resp. der Formatio reticularis), über der Raphe mit denen der anderen Seite zusammenhängend.** ***R*** **Raphe.** ***III*** **Wurzelbündel des N. oculomotorius die Haube durchsetzend.** ***Py*** **Pedunculi cerebri mit den Fortsetzungen der Pyramidenstränge.** ***Sn*** **Substantia nigra.**

deren Vierhügels reichend. Dabei begleiten die Ganglienzellen fortwährend die laterale und namentlich die mediale Seite dieser oberen Trigeminuswurzel, und die letzte Zelle bildet zugleich den letzten Vorposten dieses Ausläufers

der grauen Hintersäule des Rückenmarks, deren Hauptmasse an der Austrittsstelle der Portio major (S. 420) ihr Ende erreicht. Die obere sensible Trigeminuswurzel verläuft von ihrem unteren Ende an zuerst längs der lateralen Begrenzung des vierten Ventrikels am Uebergang vom Boden in die Decke (Velum medullare anterius); ihre Wurzelbündel durchkreuzen die des N. trochlearis (wovon sie früher für eine untere oder hintere Trochleariswurzel galten), ziehen sich dann in sagittaler Richtung und in gleichbleibendem Abstande, den Aquaeduct begleitend, nach vorn, immer in ihrer Concavität oder nach abwärts umlagert von den Ganglienzellen des Locus coeruleus.

Die Ganglienzellen des oberen sensiblen Trigeminuskerns sind sehr auffällig durch ihren kugelförmigen, durchscheinenden und bei schwächeren Vergrösserungen fast homogenen Zellenkörper. Eine grössere oder kleinere Strecke der äussersten Peripherie pflegt gelblich pigmentirt zu sein; der Durchmesser ist sehr constant, meist 0,07; der des Kerns beträgt 0,014, des Nucleolus 0,0038, des sehr deutlichen, zuweilen mehrfach vorhandenen Nucleolulus 0,0018.

Vermöge ihrer Kugelform sehen die Zellen wie aufgetrieben aus, werden daher auch wohl blasig oder blasenförmig genannt; im frischen Zustande oder in dickeren Canadabalsam-Präparaten erscheinen sie apolar. An Tinctionspräparaten sind zwei Fortsätze (niemals mehr) nachzuweisen: die Zellen erscheinen bipolar. Ein Fortsatz ist feiner (0,001), und dies ist der Axencylinderfortsatz, der andere viel dicker. Der letztere tritt aber nicht in eine doppeltcontourirte Nervenfaser ein, sondern theilt sich dichotomisch in relativ grosser Entfernung, z. B. 0,2 von der Zelle, wie man an Präparaten aus 0,1 %iger Osmiumsäure oder 0,01 %iger Chromsäure erkennt: der dickere Fortsatz ist ein Protoplasmafortsatz. Derselbe ist zugleich abgeplattet, 0,008 breit, 0,002 dick; er reisst häufig in geringer Entfernung von der Zelle ab; lässt sich mitunter aber über grössere Strecken (z. B. 0,5 weit) verfolgen; er ist nach hinten gerichtet und etwas absteigend. Der Verlauf des Axencylinderfortsatzes ist wegen seiner Feinheit und manchmal rechtwinkligen Richtungsänderung schwer festzustellen; geschieht ohne Zweifel aber ebenfalls nach hinten zur Ursprungsstelle der sensiblen Trigeminuswurzel.

Wie das Experiment der Trigeminusdurchschneidung zeigt, geht wenigstens beim Kaninchen (Merkel, 1874) die obere sensible Wurzel des Trigeminus in den R. ophthalmicus über, was nach der Theorie (S. 421) vorauszusagen war. Denn dieser Ast ist der sensible R. dorsalis des dritten Schädelnerven und sein Ursprung mithin in gleicher Höhe mit den motorischen Zweigen desselben R. dorsalis (Nn. oculomotorius und trochlearis) zu suchen, falls letztere nicht einem zweiten Schädelnerven angehören, was (wie S. 403 gesagt) sehr wahrscheinlich ist. Die eigenthümliche Form der Zellen, die sie an Isolations-Präparaten leicht von den multipolaren Ganglienzellen der Nachbarschaft unterscheiden lässt, ist zuerst von Deiters (1865) erkannt worden. Meynert (1870) deckte ihren Zusammenhang mit der sensiblen Portion des Trigeminus auf, und Huguenin (Allg. Pathol. des Nervensystems, 1873, S. 263) vermuthete in ihnen Ursprungszellen für vasomotorische (sog. trophische) Fasern. Die fraglichen Zellen haben keine Endothelialhülle, wie sie vasomotorischen Ganglienzellen, z. B. dem lateralen Kern an der vorderen Acusticuswurzel zukommen.

Im Innern der *Colliculi posteriores* und *anteriores* der Eminentia quadrigemina ist viel graue Substanz vorhanden, die in jedem Colliculus zu einem nicht scharf begrenzten, annähernd ellipsoidischen (vorderen und hinteren) *Vierhügelganglion* (Fig. 250 *Q*) vereinigt ist. Die Ganglienzellen der hinteren Vierhügel sind klein, liegen in geringen Abständen von einander, gemischt mit Bindegewebszellen und zeigen nur wenige Ausläufer. Die der Vorderhügel sind multipolar, von kleinem und von mittlerem, einige auch von grossem Kaliber, sowie gelblich pigmentirt. Ein mit jenen Ganglienmassen zusammenhängender Hohlcylinder grauer Substanz von 1—2 Mm. Wandstärke umgibt in einigem Abstande den Aquaeduct; hier sind die Zellen theilweise von mittlerer Grösse und solche häufen sich unter dem hinteren Ende des hinteren Vierhügels beiderseits dicht neben der Medianlinie zu auffallenden,

sagittal gerichteten grauen Säulen, dem linken und rechten *Kern des Aquaeducts*, Nucleus aquaeductus Sylvii (Fig. 249 *NS*). Sie erstrecken sich längs der unteren Wand des Aquaeducts, nach unten an die medialen Bündel der Formatio reticularis grenzend (S. 430) und scheinen Nervenfasern zu liefern, die senkrecht zur Raphe abwärts ziehen.

Die Nuclei aquaeductus setzen sich auf den oberen Abschnitt der Brücke fort und ihre Substanz wurde von Stilling (Pons Varolii, 1846. S. 56) mit der oberen Olive verglichen. Andererseits wäre es nicht unmöglich, dass sie als eine Verlängerung des Trochleariskerns nach hinten (und unten) zu deuten wären, denn man sieht transversal gerichtete Bündelchen (Fig. 249 *q*) zu den Aquaeductskernen absteigen. Es gelang jedoch nicht, den Zusammenhang von Trochlearisfasern mit den betreffenden Ganglienzellen direct zu demonstriren.

Die Ganglienzellen des *Locus coeruleus* (Fig. 249 *Lc*) sind multipolar; mit der Längsaxe, die 0,1 betragen kann, gewöhnlich sagittal gestellt; sie führen gelbe, bräunliche bis schwärzliche Pigmentkörnchen in so grosser Anzahl, dass sie theilweise ganz undurchsichtig erscheinen. Sie sind abwärts vom oberen Ende des Bodens der vierten Hirnhöhle und lateralwärts vom Aquaeduct über einen Raum von 1—2 Mm. Dickendurchmesser ausgestreut, reichen nach unten bis zum oberen Ende des motorischen Trigeminuskerns, nach vorn bis unter den vorderen Vierhügel. Sie erscheinen daher auf Querschnitten unterhalb des lateralen Theiles der vierten Hirnhöhle (Fig. 249). Mit Hirnnervenwurzeln stehen sie in keinem Zusammenhang und die Bedeutung ihrer Pigmentirung ist unerforscht. Früher wurden sie als Ursprungszellen der sensiblen Trigeminuswurzel resp. der sog. unteren oder hinteren Trochleariswurzel angesehen.

Den Ursprung einer dickeren doppeltcontourirten Nervenfaser von einer Ganglienzelle des Locus coeruleus beobachtete Leuckart zusammen mit R. Wagner (1850).

Die Ursprünge der Hirnnerven im Allgemeinen. Die Hirnnerven werden auch wohl in drei Systeme (C. Krause, 1. Aufl., 1838) eingetheilt, je nachdem sie den vorderen motorischen, hinteren sensiblen und seitlichen oder gemischten Strängen resp. Säulen des Rückenmarks angehören. Rein motorisch sind Hypoglossus, Abducens, Portio minor Trigemini, Trochlearis und Oculomotorius. Rein sensibel ist die Portio major N. trigemini. Gemischt, d. h. motorische und sensible Fasern führend, sind nach dieser Ansicht die übrigen. Die unteren Wurzeln des N. accessorius entspringen aus der Seitensäule des Rückenmarks; ihnen schliessen sich in Betreff der Lage-Verhältnisse an: Facialis, Portio minor N. trigemini und (nach Deiters, 1865, und Meynert, 1870) die motorischen Wurzeln der Nn. glossopharyngeus und vagus (S. 411), wobei zu bemerken ist, dass Clarke (1858), sowie früher Stilling den Facialiskern für einen motorischen Trigeminuskern hielten. Die obere Wurzel des N. accessorius entspringt hinter dem untersten Theile des Hypoglossuskerns: falls der N. accessorius von seinem Ursprung her sensible Fasern mitbringt, wäre dieser Accessoriuskern als ein Rest der Hintersäule aufzufassen. Der N. acusticus stellt mit dem Facialis zusammen ein Homologon des N. trigeminus dar, und entspricht dessen Portio major. Die vasomotorischen Fasern der Portio intermedia stehen mit dem lateralen Kern der vorderen Acusticuswurzel (S. 419) in Zusammenhang und dieser Kern entspricht einem Spinalganglion, ähnlich dem Ganglion Gasseri. Die hintere Wurzel des Acusticus wird zum Schneckennerv und enthält nicht nur in ihrem Verlaufe um das Corpus restiforme Ganglienzellengruppen, sondern auch in der Schnecke das Ganglion spirale (S. 136). Die vordere Acusticuswurzel würde demnach zum N. vestibuli werden; sie führt, abgesehen von dem der Portio intermedia angehörenden lateralen Kern auch im Meatus auditorius internus Ganglienzellen. — In der ersten Auflage wurde der N. acusticus zum sensiblen, der N. trochlearis zu dem gemischten Systeme gerechnet, während Deiters (1865) dem letzteren Systeme auch die Portio minor N. trigemini hinzuzählte. Erklärt man den N. accessorius für rein motorisch, den Vagus und Glossopharyngeus für ursprünglich rein sensibel, so erhält man das einfachere (S. 403) aufgestellte Schema. — Ueber die Ursprünge des N. opticus und Tractus olfactorius s. unten und Bd. II.

Was die **Kreuzungsverhältnisse** der Hirnnerven anlangt, so kreuzen sich die Nn. opticus und trochlearis vollständig als Stämme mit denen der anderen Seite. Bei der Portio minor N. trigemini, dem N. abducens, der vorderen Acusticuswurzel und den unteren Accessoriuswurzeln findet sicher keine Kreuzung statt. Da der N. abducens sich lateralwärts biegt, um seinen Kern zu erreichen (Fig. 246 *Nabd*), so ist es leicht nachzuweisen, dass bei diesem Nerven keine Kreuzungsfasern, ohne mit grauer Substanz in Verbindung gestanden zu haben, die Medianebene überschreiten. Dasselbe gilt für die Portio minor N. trigemini und die unteren Wurzeln des N. accessorius im Rückenmark wegen der Lage ihrer

Ursprungszellen (Fig. 248 *Nt*, Fig. 233 *L*). Der Tractus olfactorius kommt als Hirntheil nicht in Betracht; die Nn. olfactorii sind natürlich ungekreuzt. — Halbe Kreuzung, bei welcher ein Theil oder die Hälfte der linken Wurzelfasern im rechtsseitigen Nervenkerne endigen (und umgekehrt) existirt bei der Portio major N. trigemini, der hinteren Wurzel des N. acusticus, wahrscheinlich auch an den Nn. glossopharyngeus und vagus. Halbe Kreuzung wird ferner behauptet für die motorischen Hirnnerven: Oculomotorius, bei welchem eine Verwechslung mit Commissurenfasern nicht ausgeschlossen ist, wie Fasern genannt werden können, die vom linken Kerne zum rechten und umgekehrt durch die Raphe hinüberlaufen. Ebenso beim Facialis (Verwechslung mit Kreuzungsfasern der hinteren Acusticuswurzel und etwaige Commissurenfasern der beiden Abducenskerne). Gleichfalls bei der oberen Accessoriuswurzel (Verwechslung mit Commissurenfasern beider Accessoriuskerne). Endlich beim Hypoglossus (Verwechslung nicht ausgeschlossen mit Kreuzungsfasern der Nn. glossopharyngei, vagi, acustici und mit solchen Fasern, welche den linken und rechten Hypoglossuskern durch die Raphe in Verbindung setzen). Unter schwachen Vergrösserungen entsteht bei den drei letztgenannten motorischen Hirnnerven (VIII, XI, XII) leicht der Anschein (z. B. Fig. 242) einer halben Kreuzung, während starke Linsen wie an der Commissura anterior des Rückenmarks (S. 384) zeigen, dass die dickeren Axencylinder der motorischen Wurzelfasern sich nicht in die Raphe verfolgen lassen.

Historisches. Kaum irgend ein Theil der anatomischen Darstellung dürfte in einem solchen Chaos von sich widersprechenden Meinungen, Verwechslungen und Missverständnissen sich befinden, als die Lehre von der feineren Structur der Centralorgane. Die sorgfältigsten Beobachter machen davon keine Ausnahme. Henle, der (Nervenlehre, 1871, S. 181) Luschka eine Verwechslung der Fovea anterior mit dem Locus coeruleus nachgewiesen hatte, beschreibt selbst den wirklichen Facialiskern als obere Olive und Deiters (Gehirn und Rückenmark, 1865, S. 275) nimmt an, dass Stilling (Bau des Pons Varolii, 1846, S. 161) die obere Olive als motorischen Trigeminuskern (Fig. 218 *Nt*, oberer Trigeminuskern, Stilling) beschrieben habe, während Stilling diese Olive einen Anhang seines unteren Trigeminuskerns (des wirklichen Facialiskerns, Fig. 245 *Nf*) nennt. Von den Verwechslungen, die in englischer oder französischer Sprache schreibende Autoren und Deutsche gegen einander begehen, zu schweigen. Endlich sind die verschiedenen Verhältnisse, welche der Mensch und die Säugethiere, namentlich Affen, darbieten, öfters nicht aus einander gehalten worden, was sogar in Betreff der sorgfältigen Darstellung gilt, die Huguenin (Allgemeine Pathologie des Nervensystems, 1873) von den Meynert'schen Ansichten gegeben hat.

Wie früher (S. 402) hervorgehoben wurde, sind die grauen Ursprungskerne der Hirnnerven resp. ihre Lage zu den so constanten Austrittsstellen der Wurzeln aus dem Centralorgane, die einzigen festen Punkte, über welche allseitig befriedigende Anschauungen mit den jetzigen Methoden erreichbar gewesen sind. Als bahnbrechend auf diesem wichtigen Gebiete sind die lange Zeit mit Unrecht fast ignorirten Stilling'schen Arbeiten zu nennen. Stilling (1843) fand die Nuclei Nn. hypoglossus, accessorius, vagus; er hielt den medialen Kern der hinteren Acusticuswurzel (Fig. 242 *Na*) für den Glossopharyngeuskern, welchen letzteren Clarke (1858) erkannte. Stilling (1846) beschrieb den lateralen Kern der vorderen Acusticuswurzel; betrachtete den medialen als nicht dieser Wurzel angehörig, welchen Zusammenhang Clarke (1861) nachwies. Den lateralen Kern der hinteren Wurzel unterschied Henle (1871) durch besonderen Namen (inferior). Den Facialiskern nannte Stilling (1846) unteren Trigeminuskern, das Zwischenstück der Facialiswurzel: hintere constante Trigeminuswurzel und beschrieb dessen doppelte Umbiegung (Fig. 247); hielt aber das Zwischenstück und den Ursprungsschenkel des N. facialis für ein Bündel der Portio major N. trigemini. Schroeder van der Kolk (1858) erklärte das Zwischenstück für eine senkrechte Stria medullaris, Dean (1864) erkannte die knieförmige Umbiegung in den Austrittsschenkel und Deiters (Gehirn und Rückenmark, 1865, S. 205) den wirklichen Facialiskern (Stilling's unteren, Clarke's motorischen Trigeminuskern) als solchen. Auch den Abducenskern beschrieb Stilling (1846), ebenso den motorischen Trigeminuskern und die Umbiegung der Portio major N. trigemini in den Hinterstrang des Rückenmarks, während wieder Clarke (1858) und Schroeder van der Kolk (1858) das Caput columnae posterioris als sensiblen Trigeminuskern nachwiesen. Den Nucleus trochlearis und oculomotorius beschrieb Stilling (1846); die obere sensible Trigeminuswurzel hielt er für eine untere (vielleicht dem Trigeminus gemeinschaftliche) Wurzel des Trochlearis, Meynert (1870) erkannte den wahren Sachverhalt. Die Zellen des oberen sensiblen Trigeminuskerns beschrieb Deiters (1865).

Auch die übrigen in das Hinterhirn eingesprengten microscopischen grauen Massen sind meist von Stilling entdeckt. So (1843) die Nuclei funic. gracil. et cuneat., der Pyramidenkern und die Nebenolive. Die obere Olive (die eigentliche Olive benannte zuerst Vieussens, Neurographia univ., 1685) beschrieb Stilling (1846) als Anhang des unteren Trigeminuskerns (in Wahrheit Facialiskerns), Clarke (1857) als Corpus olivare superius. Endlich Clarke (1858) fand den Kern des Seitenstranges auf.

Weisse Substanz des Mittelhirns. Auf der oberen Fläche beider Vierhügel liegt eine weisse Schicht, *Stratum zonale,* durch welche Blutgefässe in radiärer Richtung auf das Centrum der Vierhügel gerichtet einstrahlen. In den Furchen zwischen den einzelnen Colliculi ist die Schicht dünner, aus feinen sich kreuzenden Nervenfaserbündeln gewebt; im hinteren Vierhügel sind die Hauptzüge als Brachium conjunctivum posterius und *Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam* zu erkennen. Letzteres gelangt, nach unten und vorn in die Substanz der Eminentia quadrigemina eindringend, allmälig unter die Fortsetzung der Formatio reticularis, liegt (beiderseits) längs der Raphe und wird zur die Basis der Pedunculi cerebri von oben deckenden Haube. Dabei findet eine wahrscheinlich totale (nach Arnold, 1851, partielle) Durchkreuzung statt:

Commissur der Crura cerebelli ad eminentiam quadrigeminam, *Decussatio tegmentorum,* Haubenkreuzung, hufeisenförmige Commissur, Wernekinck'sche Commissur (die nicht mit der S. 431 zu erwähnenden Schleifencommissur verwechselt werden darf). Sie liegt unterhalb des Aquaeducts (Fig. 250 *Ccq*) vor der Gegend, wo die Nn. trochleares sich im vorderen Marksegel durchkreuzen. In Folge der Durchkreuzung des linken und rechten Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam erscheint die Raphe in dieser Gegend sehr breit. Die genannten Crura endigen nicht innerhalb der Eminentia quadrigemina, sondern setzen sich, wie erwähnt, durch die Haube in's Grosshirn fort.

In der Haube treten die *Haubenkerne*, Nuclei tegmenti, auf; sie bestehen aus kleineren und mittleren, namentlich lateralwärts angehäuften Ganglienzellen. Zwischen Haube und Aquaeduct erstreckt sich von vorn nach hinten die Masse der Formatio reticularis (Fig. 251), in welcher die Fortsetzungen der Vorderstränge (und Seitenstränge) des Rückenmarks zu sagittalen Bündeln geordnet verlaufen. Auffallend ist die von den Seiten her abgeplattete Form der obersten, dem Vorderstrang angehörigen Bündel; sie erscheinen auf queren Durchschnitten vom Austritt des N. trigeminus an bis zu solchen, welche durch die vorderen Vierhügel resp. die Commissura cerebri posterior geführt wurden, als längliche verticale Bündelquerschnitte und nehmen (Fig. 249 *Vsp*, Fig. 250 u. 251 *Vsp*) auch die Medianlinie ein, den obersten Theil der Raphe daselbst verdrängend.

Die *Raphe* ist sehr breit, nach vorn (Fig. 251 *R*) an Breite zunehmend: nach hinten ist ihre Zusammensetzung aus beiderseits von lateralwärts herkommenden, nach abwärts (wie im Pons, Fig. 243, neben *vc*) sich durchkreuzenden (Fig. 251) Nervenfasern besonders deutlich. Auch die Raphe ist reich mit Ganglienzellen ausgestattet, die im hinteren Abschnitt von dem oben beschriebenen (S. 428) Kerne des Aquaeducts durch die medialsten Sagittalbündel der Formatio reticularis getrennt werden. Die Scheidung der letztgenannten Bündel von einander geschieht theilweise durch senkrechte Nervenfasern, über welche ebenfalls schon angegeben wurde, dass sie in den Aquaeductskernen zu entspringen scheinen.

Die Schleife, Lemniscus, stammt aus der Medulla oblongata. Ihre Fasern sind Fortsetzungen des Seitenstranges, namentlich von solchen, die längs der unteren Oliven verlaufen. Im oberen Theile der Brücke, oberhalb der Eintrittsstelle des N. trigeminus, erscheinen sie auf dem Querschnitt als transversale Masse an der Grenze zwischen der reticulären Formation und den durch die oberflächlichen Brückenfaserbündel zerklüfteten Pyramidensträngen. Weiter aufwärts lassen sich zwei nicht scharf getrennte Hauptfaserzüge jederseits unterscheiden, die als oberflächliches und tiefes Schleifenblatt gesondert beschrieben werden.

Das *oberflächliche Schleifenblatt,* oberes Schleifenblatt, laterale Parthie der Schleifenschicht, erstreckt sich schräg lateralwärts und nach oben längs des hinteren Vierhügels. Seine wesentlich sagittal verlaufenden Bündel bilden einen halbmondförmigen, nach unten convexen Querschnitt, der sich vom Seitenrande her zwischen die Pyramidenbündel, tiefen Brückenfasern, resp. den Pedunculus cerebri einerseits und das Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam, die Formatio reticularis, resp. die Haube andererseits einschiebt. An seiner lateralen Fläche wird das genannte Blatt von einem Streifen grauer Substanz überlagert, die sich oberflächlich von der Furche zwischen Crus cerebelli ad pontem und Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam in die Höhe zieht. Sie endigt oben und hinten (wie auch der Querschnitt des Schleifenblattes selbst, Fig. 250 *Ls*) zugeschärft, hängt nach

unten und vorn mit den grauen Kernmassen der Brücke selbst zusammen und ist wie diese beschaffen. — Im vorderen Vierhügel scheint das oberflächliche Schleifenblatt in die Fasern des Brachium conjunctivum anterius der entgegengesetzten Körperhälfte sich fortzusetzen.

Das *tiefe Schleifenblatt,* unteres Schleifenblatt, deckt unterhalb des hinteren Vierhügels das Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam von lateralwärts her (Fig. 249 *Lp*); senkt sich, wie dieses (Fig. 250 *Ccq*), in die Tiefe, wobei seine Fasern sich längs der Concavität des Querschnitts des oberflächlichen Blattes krümmen (Fig. 250 *Lp*) und dasselbe von dem erwähnten Crus trennen. Seine vorderen Fasern kreuzen sich mit dem gleichnamigen Blatt der anderen Körperhälfte oberhalb der grauen Substanz, welche den Aquaeduct umgibt (Commissur der Schleifen), und scheinen in die Faserung des Brachium conjunctivum posterius der entgegengesetzten Körperhälfte überzugehen. Seine hintersten Fasern durchkreuzen sich mit denen der anderen Seite schon im Velum medullare anterius an dessen vorderem Ende.

Somit bilden beide Schleifenblätter mit den gleichnamigen der anderen Seite eine von unten aufsteigende, lateralwärts convexe Doppelschlinge, die in weitem Abstande den Aquaeduct umgibt. — Sämmtliche Fasern des Lemniscus sind fein, auch mit der Faserrichtung folgenden kleinen Spindelzellen gemischt.

Schon im oberen Abschnitt der Brücke, aufwärts von der Eintrittsstelle des N. Trigeminus geht die compacte Beschaffenheit der *Pyramidenstränge* verloren (S. 423). Mehr und mehr werden sie, während sie zum Gehirn weiterziehen, von mächtiger entwickelten, queren, tiefen Brückenfasern durchsetzt (Fig. 248 *Py*), welche aus den Crura cerebelli ad pontem herstammen. Am oberen Ende der Brücke sammeln sich die Pyramidenstränge wieder zu mehr compacten Massen; indem sie aber an der Unterfläche des Gehirns als Fuss oder Basis der Pedunculi cerebri zu Tage (Fig. 251 *Py*) treten, sind sie bereits mit sich ihnen anschliessenden zahlreichen Längsbündeln gemischt, welche von denen der reticulären Formation herstammen, und auf diese Art die Pedunculi cerebri zusammensetzen helfen.

Zwischen Haube und Basis der Grosshirnschenkel liegt (Fig. 251 *Sn*) die *Substantia nigra* s. Soemmerringii. Sie besteht aus einzeln zerstreuten oder in kleinen Gruppen angehäuften dunkel pigmentirten Ganglienzellen, wie die des Locus coeruleus. Nur sind ihre Fortsätze weniger zahlreich; sie selbst kleiner, theils rundlich, theils spindelförmig; ihre Längsaxen folgen zumeist dem Nervenfaserverlauf. Die Bedeutung ihrer Pigmentirung ist so unerforscht, wie diese an Ganglienzellen interessante Erscheinung überhaupt.

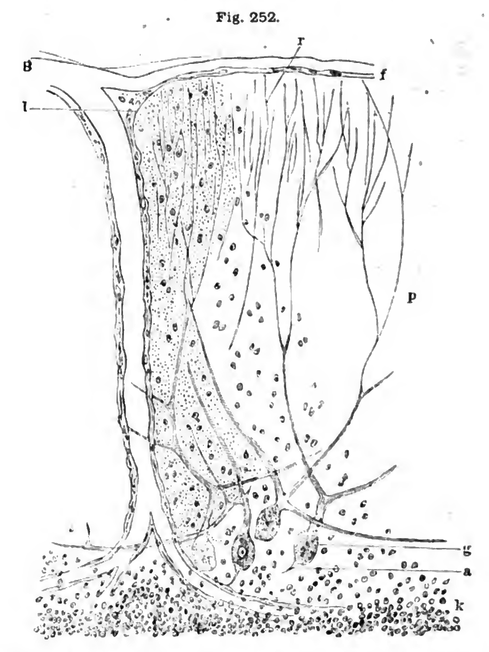
Kleinhirn, Cerebellum.

Die Kleinhirnrinde zeigt dem freien Auge eine innere orangefarbige und eine äussere graue Schicht, welche letztere microscopisch in drei Unterabtheilungen zerfällt.

1. Die Grenze der grauen Schicht gegen den Subarachnoidealraum bildet eine auf dem Durchschnitt scharf markirte *Grenzmembran* (Fig. 252 *f*). In der Flächenansicht erscheint sie an Chromsäure-Präparaten aus kegelförmigen Zellenkörpern gebildet, die sich als Pinselzellen (S. 397) erweisen, deren Ausläufer parallel der Oberfläche verlaufen und mit denen benachbarter Zellen sich verfilzen. Die Zellenkörper setzen sich in radiäre, senkrecht auf die Oberfläche verlaufende Bindegewebsfasern, *Radialfasern*, fort. Es kommt dadurch eine Aehnlichkeit mit den Ansätzen der Radialfasern der Retina an die Mem-

brana limitans (interna) zu Stande (Fig. 252 *r*). Die Durchschnittsfläche der Gyri (Fig. 252) verdankt ihre radiäre Streifung theils diesen Fasern, theils

Fig. 252.



Senkrechter Durchschnitt der Kleinhirnrinde quer auf die Richtung der Windungen; aus einer Furche. Nach 12stündigem Einlegen in 0,1 % Osmiumsäure. V. 600/160. *B* Blutgefäss. *l* Adventitia desselben. *f* Grenzmembran auf dem Durchschnitt. *r* bindegewebige Radialfasern. *g* Ganglienzellen. *a* Axencylinderfortsatz. *p* Protoplasmafortsatz. *k* Körnerschicht.

Protoplasmafortsätzen von Ganglienzellen (S. 433); ausserdem kommen auch der Oberfläche parallele, die radiären also rechtwinklig kreuzende Bindegewebszüge im inneren Drittel der grauen Schicht vor. Die Radialfasern sind glatt, färben sich nicht durch Carmin und Goldchlorid, sind resistent gegen 1 $^0/_0$ige Schwefelsäure und brechen das Licht stärker als Benzol oder Nelkenöl; werden daher sichtbar, wenn Alkohol-Präparate unter dem Microscop mit letzterem imbibirt werden.

2. Die Hauptmasse der grauen Schicht oder ihre zweite Abtheilung, äussere Zellenschicht, granulirte oder feinkörnige Schicht, bildet granulirtes Bindegewebe (von feinkörnigem Aussehen in Fig. 252, wo es nur zur Linken des Beschauers angegeben ist), das von zahlreichen einzeln und oft bogenförmig

convex gegen die Oberfläche verlaufenden feinen varicösen Nervenfasern durchzogen wird, die mit dem Plexus der orangefarbigen Schicht zusammenhängen.

3. Die Abtheilung der *Ganglienzellen*, Purkyně'sche Zellen, enthält an der Grenze zwischen der grauen und orangefarbigen Schicht in ziemlich regelmässigen Abständen von einander die Körper von grossen multipolaren Ganglienzellen. Sie bilden constant eine einfache Lage. Ihre Gestalt im Ganzen erscheint birnförmig oder retortenförmig; ihre Körper aber sind kuglig, wenig pigmentirt, ihr Axencylinderfortsatz (Fig. 252 *a*) nach innen, d. h. der orangefarbigen Schicht zugekehrt; die verästelten Protoplasmafortsätze streben sämmtlich nach aussen, und sind stets in einer Ebene ausgebreitet, welche den Zellenleib schneidet und zugleich auf die Verlaufsrichtung der Gyri senkrecht gestellt ist (Fig. 252). Daher bieten sie nur auf solchen Schnitten ihre mannigfaltigen Formen; in Schnitten dagegen, welche der genannten Verlaufsrichtung parallel gehen, sieht man nicht mehr als einzelne dickere, kaum verzweigte Protoplasmafortsätze gegen die Grenzmembran gerichtet.

Noch einen Unterschied zeigen die Oberflächen der Gyri im Vergleich zu den Thälern zwischen letzteren. In den Furchen wenden sich nämlich die Zellenfortsätze erster Ordnung anfangs seitwärts, parallel der Grenzmembran sich hinziehend (Fig. 252), biegen dann senkrecht um und verästeln sich wie die Fortsätze der übrigen Zellen. Zugleich sind die Ganglienzellen selbst in den Thälern weiter von einander entfernt, auf der Höhe dicht gedrängt, und da die Dicke der grauen Schicht im Ganzen sich überall gleichbleibt (Fig. 253 *A*), ihre Oberflächen-Ausdehnung aber auf den convexen Höhen selbstverständlich bedeutender ist, so folgt, dass auf jede grosse Ganglienzelle annähernd derselbe Cubikinhalt oder dasselbe Quantum granulirten Bindegewebes kommt. Hiermit steht der Umstand in Verbindung, dass in letzterem Gewebe ausserordentlich zahlreiche feine und feinste Verästelungen (Fig. 253 *B*) der Protoplasmafortsätze enthalten sind. Gegen die Grenzmembran hin biegen die letzten Endausläufer mehr oder weniger deutlich bogenförmig um; und es scheinen Primitivfibrillen aus dem Netz, das sie bilden, gegen die orangefarbige Schicht zu verlaufen.

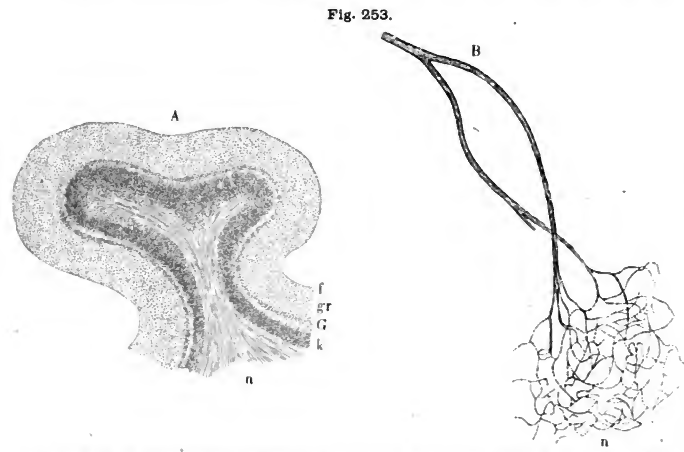
Ausserdem besitzt das granulirte Bindegewebe zahlreiche einzeln verstreute Zellen der Neuroglia (Fig. 252), und ferner sind kleine, multipolare oder pyramidenförmige Ganglienzellen einzeln darin eingebettet, von welchen die Bindegewebszellen an Grösse kaum übertroffen werden.

4. Die orangefarbige Schicht nennt man auch rostfarbige oder *Körnerschicht.* Sie scheidet das Lager multipolarer grosser Ganglienzellen von den Nervenfasern der weissen Substanz (Fig. 253 *A*, *k*). Sie enthält eine ausserordentlich grosse Anzahl dicht gedrängter *Körner* oder Kornzellen, die nach Carminfärbung als kuglige Kerne (Fig. 252 *k*), wie die der (inneren) Körner in der Retina erscheinen; hingegen nach Isolirung in sehr verdünnter Chromsäure als Zellen mit kleinen multipolaren Zellenkörpern sich erweisen.

Die **weisse Substanz** des Kleinhirnmarks und der *Vela medullaria anterius* und *posterius* verhalten sich wie die des Grosshirns (S. 449). Die Nervenfasern strahlen in die Axe der Gyri ein (Fig. 253 *A*, *n*), verlaufen senkrecht auf die Längsrichtung der letzteren, bilden Bündel, die sich theilen und spitzwinklig anastomosiren. Unter vielfachen Anastomosen durchziehen sie als feine längsmaschige Plexus die Körnerschicht und bilden ein dünnes, der Oberfläche paralleles, in Durchschnittspräparaten mit Natron wegen seiner Undurchsichtigkeit als schon mit der Loupe sichtbarer weisser Streifen hervortretendes Netz an der Grenze zwischen Ganglienzellenlager und Körnerschicht. Der Faserverlauf

ist in diesem Netz vorzugsweise quer zur Längsrichtung der Gyri. In der Körnerschicht finden dichotomische Theilungen statt, wie Zerzupfung von 0,1 %igen Osmiumsäure-Präparaten nachweist. Sie sind nicht mit den sehr

Fig. 253.



A Querschnitt der Kleinhirnrinde senkrecht auf den Verlauf eines Gyrus. Alkohol, Pikrocarmin, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 80/16. *f* Grenzmembran. *gr* granulirtes Bindegewebe. *G* Lager von grossen Ganglienzellen. *k* Körnerschicht. *n* Nervenbündel des weissen Markblattes. **B** Protoplasmafortsatz einer multipolaren Ganglienzelle der Kleinhirnrinde. Frisch in 0,1 % Osmiumsäure, nach 24 Stunden in Wasser zerfasert. V. 1000/280. *n* Netz der feinsten Fortsätze, welche theilweise schlingenförmig umbiegen.

häufigen spitzwinkligen Kreuzungen und gegenseitigen spiraligen Umschlingungen benachbarter Nervenfasern zu verwechseln. Die Fasern sind varicös, markhaltig, nehmen gegen die Oberfläche, wohin die Aeste gerichtet sind, an Dicke ab, und letztere oder die Nervenfasern selbst verbinden sich mit je einer grossen Ganglienzelle an deren unterem Pole. Einzelne feinere Nervenfasern dringen noch über die grossen Zellenkörper hinaus und gehen wahrscheinlich zu den kleinen, mitunter pyramidenförmigen Zellen.

In der Körnerschicht gibt es ausser den beschriebenen, die überwiegende Mehrzahl bildenden Körnern noch etwas grössere unzweifelhafte Ganglienzellen. Die eigentlichen Körner zeigen sich oft apolar, bieten einen, zwei oder drei, selten mehrere Fortsätze, und können in diesem Fall als bipolar, resp. tripolar bezeichnet werden. Die *Ganglienzellen der Körnerschicht* sind klein, nur wenig grösser als die Körner, haben aber mehr Zellenkörper, der stärker granulirt ist. Sie zeigen zwei oder mehrere kurze Fortsätze: diese multipolaren Zellen sind meistens leicht pigmentirt.

Die Dicke der Körnerschicht ist auf der Wölbung der Gyri bedeutend stärker (Fig. 253 *A*), als in den Thälern. Diese Thatsache correspondirt wiederum mit dem Umstande, dass daselbst auch die grossen Ganglienzellen der grauen Schicht zahlreicher, resp. die Summe ihrer Protoplasmafortsätze grösser ist, als in den Furchen.

Bau der Kleinhirnrinde. Um die geschilderten wechselnden Mengenverhältnisse in einen Causalzusammenhang zu bringen, sind verschiedene Hypothesen aufgestellt. Jede grosse Ganglienzelle hat einen Axencylinderfortsatz. (Gerlach [1858] bildete einmal deren zwei an einer Zelle ab, ebenso Walter [1861], und Stilling [1864] sah häufig mehrere Fortsätze in die Körnerschicht eintreten, die sich darin wiederholt dichotomisch verästeln). Entweder sind die Körner nervös und mit den rückläufigen (Barteneff, 1867, bei Fischen; Obersteiner, 1868; Hadlich, 1870) feinsten Ausläufern der grossen Ganglienzellen im Zusammenhang; zugleich sind die Körner bipolar (resp. tripolar) und setzen sich nach innen in Primitivfibrillen fort, die zu Axencylindern der dichotomisch verästelten Nervenfasern des Markes zusammentreten. Oder die Körner gehören dem Bindegewebe an, wobei ihre Fortsätze in die Neuroglia übergehen: nach dieser Annahme erfolgt der geschilderte Uebergang der Protoplasmafortsätze (resp. des von ihren Ausläufern gebildeten Netzes, Boll, 1873) in Nervenfasern ohne Unterbrechung (Hadlich, 1870) durch bipolare Ganglienzellen, als welche sonst die Körner betrachtet wurden. Indessen erscheint die Anzahl der grossen Ganglienzellen ausreichend (Henle, 1871), um mittelst ihrer Axencylinderfortsätze allen Fasern im weissen Mark ihres Gyrus den Ursprung zu geben.

Aeltere auf die Untersuchungen von Gerlach (1858) zurückzuleitende Ansichten, die auf jene Mengenverhältnisse keine Rücksicht nehmen, behaupten dagegen, dass die aus der weissen Substanz kommenden Nervenfasern sich theilen. Ihre Aeste enthalten dann in sich eingelagert die Körner der orangefarbigen Schicht, die mithin als bipolare oder auch multipolare Ganglienzellen zu betrachten sind (Gerlach, 1858; Walter, 1861; Waldeyer, 1863; Stilling, 1864; Golgi, 1874). Die Körner anastomosiren auch untereinander (Gerlach, 1858; Golgi, 1874). Nach der Oberfläche hin stehen sie mit in die Körnerschicht sich einsenkenden verästelten Fortsätzen der grossen Ganglienzellen in Verbindung (Gerlach, Walter, Waldeyer). Wie Golgi angibt, verästelt sich der Axencylinderfortsatz, seine Aeste wenden sich in die graue Schicht und treten mit deren Bindegewebszellen in Zusammenhang. Letztere werden nämlich von anderer Seite als unipolare (Gerlach, 1858; M. Schultze, 1868) oder multipolare Ganglienzellen aufgefasst, indem sie mit den Protoplasmafortsätzen der grossen Ganglienzellen (Gerlach, 1858; M. Schultze, 1868) oder (Golgi, 1874) mit Nervenfasern, welche die graue Schicht durchziehen, in Verbindung stehen sollen. Jedoch scheint es nicht unmöglich (S. 398. S. 431), Bindegewebszellen und kleine Ganglienzellen der grauen Schicht zu unterscheiden. — Mit Hülfe der Golgi'schen Methode (Härtung in H. Müller'scher Flüssigkeit und Behandlung mit verdünnten Lösungen salpetersauren Silberoxyds) sieht man die grossen Ganglienzellen tiefschwarz gefärbt, ihre Axencylinderfortsätze ebenso und in einiger Entfernung von der Zelle getheilt; doch lassen die Bilder Einwendungen zu, da mancherlei Anderes mitunter sich auch darin zu färben pflegt.

Cerebellum und Retina. Die Uebereinstimmung der Körnerschicht des Kleinhirns mit der (inneren) Körnerschicht der Retina (S. 103) ist auffällig; wie bei letzterer sind weder die Schicksale der Protoplasmafortsätze der grossen Ganglienzellen sichergestellt, noch die Differenzen der unter dem Namen Körnerschicht vereinigten Formelemente aufgeklärt. Die abweichende Lagerung der Retinaschichten und der ebenfalls eine in der Entwicklung zurückgebliebene Parthie darstellenden Fascia dentata des Ammonshorns (S. 445) in Vergleich zum Kleinhirn, obgleich sie beiderseits die Wandung embryonaler Hirnbläschen repräsentiren, hängt vielleicht mit dem vermutheten Rückläufigwerden der Protoplasmafortsätze der grossen Ganglienzellen in letzterem zusammen. Ohne Zweifel ist die Grenzschicht des Cerebellum der Membrana limitans (interna) der Retina homolog; die Epithelialschicht des Centralkanals oder die das Marklager des Kleinhirns deckenden Flimmerzellen aber den Stäbchen- und Zapfenzellen (S. 151). Die Radialfasern der Retina setzen sich an die Limitans, wie die Bindegewebsfasern der grauen Kleinhirnschicht an ihre Grenzmembran. Die Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen wenden sich in der Retina von der Membrana limitans (interna) weg; im Kleinhirn streben sie der Grenzmembran zu, biegen aber um und werden, wie angenommen, rückläufig. Sie können also zu den Körnern des Kleinhirns, wie zu den (inneren) Körnern der Retina in homologe Beziehungen treten. Denkt man sich das Epithelium des Centralkanals, resp. die homologen Retinaschichten und an beiden Orten die Grenzmembranen feststehend; in der Retina aber die Ganglienzellenausläufer mit der umgebenden Neuroglia (granulirte Schicht der Retina = graue Schicht des Cerebellum) und ebenso die Nervenfasern (Opticusfaserschicht = Nervenplexus zwischen Ganglienzellenlager und Körnerschicht im Kleinhirn) sämmtlich um 180° gedreht, so gleichen sich die Durchschnittsansichten von Retina und Kleinhirnrinde. Dies wird noch augenscheinlicher, wenn man anstatt der durch Gyri markirten Oberfläche die Form einer einfachen Lamelle für das Kleinhirn zu Grunde legt, wie sie beim Menschen im Querdurchschnitt die Lingula (s. letztere), bei niederen Wirbelthieren (z. B. Frosch) das ganze Cerebellum darstellt.

Historisches. Die grossen multipolaren Ganglienzellen wurden von Purkyně (1838) entdeckt, ihr Zusammenhang mit einer Nervenfaser von Domrich (Kölliker, Gewebelehre, 1852. S. 302); die weissen Nervenplexus dicht an der äusseren Grenze der Körnerschicht von C. Krause (2. Aufl. 1843); die Verlaufs-Ebene der Protoplasmafortsätze der grossen Ganglienzellen von Stieda (1864). Stilling (1864) und Golgi (1874) sahen häufig solche grosse Zellen innerhalb der Körnerschicht.

Die **Lingula** hat in ihren Randwülsten denselben Bau wie die Kleinhirnrinde überhaupt. Die Ebene der Protoplasmafortsätze ihrer grossen Ganglienzellen steht senkrecht auf die Oberfläche des Velum medullare anterius und zugleich sagittal. Dasselbe gilt von einer in mindestens 5 % aller Fälle vorkommenden, unter der eigentlichen gelegenen *Lingula accessoria*, deren obere Fläche öfters eben ist, und von den *Frenula lingulae*. Die weissen Markfasern der Lingulawülste gehen von deren Basis grösstentheils rückwärts; die von lateralwärts herkommenden kreuzen sich im Velum medullare anterius mit denjenigen der anderen Körperhälfte (s. auch S. 453).

Der **Nucleus cerebelli** s. Nucleus dentatus enthält in seiner Rinde multipolare, meist pigmentirte Ganglienzellen mittlerer Grösse, deren Anordnung derjenigen in den unteren Oliven gleicht. Aehnliche, in weisse Substanz eingesprengte, etwas grössere Zellen enthält der *Dachkern* des vierten Ventrikels, durch dessen graue Substanz eine Verbindung der Nuclei beider Kleinhirnhemisphären hergestellt wird.

Auf einigen Durchschnitten erscheint eine nach unten und vorn gelegene Duplicatur des ganglilösen Blattes (gezahnter Nebenkern, Meynert, 1870), die aber nicht vollständig vom Nucleus selbst getrennt und vielmehr ein Zipfel seines an dieser Stelle in einer Ebene ausgebreiteten grauen Blattes zu sein scheint. Sie hat 0,1—0,6 Dicke und enthält einige unter ihren Ganglienzellen, die etwas grösser (bis 0,053), als die des Nucleus sind. — Stilling (1867) entdeckte den Dachkern und hielt ihn für eine gangliöse Commissur der Nuclei; Meynert (Vierteljahrsschr. f. Psychiatrie, 1867. S. 248) für eine Fortsetzung des medialen Kerns der vorderen Acusticuswurzel.

Vorderhirn.

Grosses Gehirn, Cerebrum.

Ventriculus tertius.

Das grosse Gehirn entwickelt sich aus dem embryonalen ersten Hirnbläschen (S. 401). Die Communicationsöffnung, an welcher die Grenze zwischen den seitlich auswachsenden Grosshirnbläschen und dem (als *Zwischenhirn* bezeichneten) Rest des ursprünglichen ersten Hirnbläschens gelegen ist, und durch welche der Binnenraum des embryonalen Medullarrohrs (Centralkanal im Rückenmark) innerhalb der genannten Abschnitte in Verbindung bleibt, ist das Foramen Monroi. Aus der Höhle der Grosshirnbläschen gehen die Seitenventrikel und der vordere obere Theil des Ventriculus tertius hervor: die Anlagen der umgebenden Gehirntheile werden beim Embryo als Vorderhirn (im eigentlichen Sinne) bezeichnet. Der Hohlraum des Zwischenhirns oder der Sehhügelblase liegt zwischen den Sehhügeln und wird zum unteren Theil des dritten Ventrikels. Dessen embryonale Decke aber entwickelt sich nicht weiter: sie bleibt häutig, bildet sich zurück und persistirt als Tela choroidea superior; so dass nur ihre Seitenränder noch stellenweise Marksubstanz enthalten: Taeniae Thalam. optic. und Pedunculi conarii.

Das **Conarium,** Gl. pinealis, die Zirbeldrüse, ist im Innern ihrer Höhlung, resp. auf der Oberfläche ihrer Vorderseite mit einem niedrigen, flimmernden Cylinder-Epithel bekleidet. Sie wird von einer bindegewebigen, mit den endothelialen Zellen der Arachnoidea (S. 459) bedeckten Hülle umgeben, welche mit bindegewebigen *Septa*, Bindegewebsbalken, Trabekeln, zusammenhängt, die das Organ netzartig durchziehen und rundliche, von anastomosirenden, abgeplatteten, ca. 0,15 dicken Septa unvollständig abgegrenzte Hohlräume (Follikel) bilden, in denen die eigentlichen Elemente der Drüse eingelagert sind. Die Bindegewebsbalken führen ausser Blutgefässen sparsame, doppeltcontourirte, feine Nervenfasern und bestehen an ihrer Peripherie aus längslaufenden spindelförmigen Inoblasten von geringer Längenausdehnung, deren Kerne bei Essigsäure-Behandlung in Längsreihen geordnet liegen. Es kommen auch mit Ausläufern versehene längliche Inoblasten vor, die bei älteren Individuen meistens viele gelbe Fettkörnchen führen. — Das Innere der Hohlräume enthält zwei Arten von Zellen. Die grösseren heissen *spindelförmige Zellen:* sie sind länglich, oft abgeplattet, sie entsenden an ihren beiden spitzen Enden oder auch ausserdem von ihren Flanken längere Fortsätze, die sich in zahlreiche, successiv feiner werdende, mit denen benachbarter Zellen anastomosirende Aeste auflösen. So entsteht im Innern der Hohlräume ein zelliges Netzwerk, in welchem die Zellen der zweiten Art lose eingelagert sich finden. Diese *rundlichen Zellen* sind kleiner, mehr kuglig, haben aber zahlreiche, sehr feine, kurze Ausläufer, die am frischen Präparat leicht zu Grunde gehen, und verhältnissmässig grosse kuglige Kerne mit Kernkörperchen. Ausser den geschilderten kommen drittens hier und da *multipolare Zellen* vor, die viel grösser sind, als die anderen: sie zeigen rundliche, z. B. 0,015 messende, öfter längliche Zellenkörper mit körnigem, oft gelbe Pigmentkörnchen führendem Protoplasma, und sind mit mehreren dicken, blassen, sich vielfach verästelnden Ausläufern versehen, deren primäre Theilungsstellen in drei oder vier Aeste oft handförmig angeschwollen sind. Die Länge incl. der Aeste kann 0,07 betragen.

Das Centrum der Hohlräume enthält bei allen älteren Menschen und in der Regel bereits bei Kindern hier und da *Hirnsandkugeln*, die eine beträchtliche Grösse erreichen können. Sie sind maulbeerförmig, höckrig, bestehen aus kohlensaurer Kalkerde mit wenig phosphorsaurer Kalkerde und Magnesia, die eine colloidartige (S. 15), feste, concentrisch geschichtete Grundsubstanz incrustiren. Mitunter hat jeder Höcker für sich eine concentrische Schichtung, so dass die Kugeln nicht auf einmal, sondern durch successive Niederschläge, secundäre Vereinigung benachbarter Höcker oder Auswachsen von solchen an der Oberfläche einer schon gebildeten Hirnsandkugel entstehen müssen. Besonders häufig sind sie an den Pedunculi conarii und am vorderen Theil der Drüse nahe der Oberfläche: hier kommen auch verkalkte Bindegewebsbündel und Blutgefässe vor.

Die Zellen der dritten Art halten Förster, sowie Hagemann (1872) und Kölliker (1859) für multipolare Ganglienzellen, denen sie nach Form, Beschaffenheit ihrer Ausläufer, Grösse ihres mit deutlicher Membran versehenen Kerns ähnlich sind. Grandry (1867) und Hagemann beschrieben einen Axencylinderfortsatz an denselben. Die Zellen der ersten Art sind sternförmige Inoblasten; die der zweiten Art unbekannter Natur.

Henle (1871) hält die Hohlräume für Lymphfollikel, die Inoblasten für sternförmige, embryonale Bindegewebszellen, die Zellen der zweiten Art für Lymphkörperchen, das ganze Conarium für eine verkümmerte Lymphdrüse des Gehirns. Bizzozero (1871) wies mit Hülfe von doppeltchromsaurem Kali die Fortsätze der anscheinenden Lymphkörperchen nach.

Das Conarium bildet sich aus einer embryonalen, nach hinten und oben gerichteten Ausstülpung der Decke des dritten Ventrikels: *Recessus pinealis.* Es ist daher ursprünglich hohl; doch pflegt diese kleine Höhle der Zirbeldrüse (1. Aufl., 1838) beim Erwachsenen obliterirt oder mit Hirnsand gefüllt zu sein. — Das Conarium kommt allen Wirbelthieren zu. Es fehlt beim Menschen, so viel bekannt, niemals, bietet keine auffallenden Varietäten; Hirnsandkugeln finden sich auch bei älteren Säugethieren (Rind). Die Bedeutung des Organs ist unbekannt, bezieht sich aber jedenfalls auf embryonale Stadien der Gehirn-Entwicklung.

Im *Nucleus pedunculi conarii* s. Ganglion habenulae sind gelbliche multipolare Ganglienzellen mittleren Kalibers eingebettet.

Die **Commissura cerebri posterior** besteht aus dicken Bündeln stärkerer, doppelt-contourirter Nervenfasern.

Was die **Commissura cerebri mollis** betrifft, so verlaufen Nervenfasermassen in ihrer queren Axe; die Ganglienzellen ihrer ganzen Oberfläche sind pigmentirt, sehr zahlreich, aber klein.

Die Commissura mollis reisst beim Herausnehmen von Gehirnen 24 Stunden nach dem Tode leicht ein. Alsdann weist das Microscop ihre Reste nach, was nicht der Fall ist, wenn sie ursprünglich fehlt. Letztere Varietät ist wenige Stunden nach dem Tode leicht constatirbar. Noch häufiger zeigt sich die Commissur doppelt, und es pflegt der untere Theil weiter als der obere sich nach hinten zu erstrecken.

Das **Tuber cinereum** bietet in seinem lateralen, vorderen, an den Tractus opticus sich anschliessenden Abschnitt (S. 455) gelbpigmentirte Ganglienzellen, die durch ihre spindelförmige Gestalt sich auszeichnen und von mittlerer Grösse sind. Sie scheinen mit Nervenfasern in Verbindung zu stehen, welche an der Vorderfläche des Chiasma in transversaler Richtung (S. 449) verlaufen und auch aus der Lamina terminalis stammen. Ausserdem sind sparsame kleinere multipolare Zellen vorhanden.

Hypophysis cerebri. Von Flimmer-Epithel wird die Höhle des *Infundibulum* ausgekleidet; seine Hauptmasse geht in den hinteren Lappen der Hypophysis cerebri über, der sich vom vorderen Lappen auch microscopisch wesentlich unterscheidet.

Der *hintere Lappen* enthält feine varicöse Nervenfasern, die längs der Trichterwand in denselben hinabsteigen; seine Substanz wird durch ein bindegewebiges, theils fibrilläres, theils aus langen spindelförmigen, auch birnförmigen oder verästelten und gelb pigmentirten Inoblasten mit länglichen, fast stäbchenförmigen Kernen zusammengesetztes Fasergerüst in Abtheilungen gesondert. Letztere sind im äusseren Theile des Lappens von länglicher, weiter nach vorn von mehr polyedrischer Form. Die Gerüstbalken enthalten längslaufende Capillaren; in den grösseren oder kleineren Maschen liegen mit gelbbräunlichen Körnchen infiltrirte rundlich-eckige kleinere Zellen und hier und da auch ähnliche feinkörnige spindelförmige, sehr lange und breite, aber abgeplattete Zellen von unbekannter Bedeutung. — Das Infundibulum enthält nebenbei parallelfasriges Bindegewebe mit längsgestellten Inoblastenkernen.

Der Bau des *vorderen Lappens* gleicht bei mittleren Vergrösserungen mehr demjenigen der Schilddrüse; bei stärkeren erinnert er an die Marksubstanz der Nebenniere. Ein netzförmiges bindegewebiges Fasergerüst, das zahlreiche Inoblastenkerne und Capillargefässe enthält, sondert anastomosirende *Zellenstränge*, Schläuche, von cylindrischer Form, welche in ziemlich gestrecktem Verlaufe sich auch an der Vorderfläche des Infundibulum eine Strecke weit in die Höhe ziehen. Sie werden von polygonalen abgeplatteten kernhaltigen, stark granulirten Zellen zusammengesetzt, die ein Drittel so dick als lang und breit sind. Die Stränge besitzen keine besondere Umhüllung: zwischen den Zellen ziehen einzelne feine Ausläufer des bindegewebigen Fasergerüstes durch und letzteres hängt mit der Adventitia sehr zahlreicher, die Zellenstränge umspinnender Capillargefässe zusammen. Etwa im Centrum des ganzen Organs resp. nahe der Mitte der Vordergrenze des hinteren Lappens befindet sich meistens ein rundlicher gefässarmer, daher mehr grauer *Centralkern* des vorderen Lappens, in welchem die Zellenstränge schlecht begrenzt, vielfach zusammenfliessend erscheinen. Die Zellen selbst sind kleiner, unregelmässiger, zum Theil auch rundlich; sie werden weniger durch Bindegewebe getrennt. Der Centralkern liegt vor der medianen Wölbung des hinteren Lappens nach vorn, welche dem vorderen auf dem Horizontalschnitt ein nierenförmiges Ansehen verleiht. — Uebrigens wird die Grenze zwischen vorderem und hinteren Lappen von einer Schicht stärkerer *Blutgefässe*, namentlich Venen eingenommen. Dazwischen liegen grössere längliche Spalten und rundliche Hohlräume, die meist mit Colloidmasse gefüllt sind und ihr ursprünglich flimmerndes Epithel verloren haben. In diesem Falle tritt an der Innenwand eine Endothelialbekleidung hervor, die zur Verwechslung mit Lymphgefässen Anlass geben kann. — Die Gefässe des hinteren Lappens stammen von solchen, die in der Wand des Infundibulum verlaufen: der vordere Lappen erhält seine viel zahlreicheren Blutgefässe und Gefässnerven direct aus der A. carotis interna resp. dem Plexus caroticus internus.

Gemeinschaftlich ist beiden Lappen ihre *Kapsel* oder Hülle; sie besteht aus straff-fasrigem Bindegewebe mit elastischen Fasern.

Der hintere Lappen ist ein Hirntheil, jedoch nicht der vorderste Ausläufer des ersten Hirnbläschens, dessen ursprüngliches Ende vielmehr die Lamina terminalis repräsentirt. Der vordere Lappen dagegen bildet sich durch eine Ausstülpung der Pharynxschleimhaut (Rathke, 1838), die sich nachher abschnürt. Die Epithelien der Schläuche sind dem Schlund-Epithel homolog (W. Müller, 1871). Dem entsprechend durchbohrt öfters eine kleine, vermuthlich aus der A. pharyngea adscendens abstammende Arterie das Corpus oss. sphenoidei, und betheiligt sich an der Versorgung des vorderen Lappens (W. Müller); beim Kaninchen ist ein Foramen cavernosum oss. sphen. für die V. vertebralis mediana vorhanden (W. Krause, 1868). — Beim Frosch beschrieb Reissner (1864); Henle (1865) beim Schaf; Stieda (1868) bei Vögeln, der Maus und auch beim Hund (1870) die Zusammensetzung des vorderen Lappens aus anastomosirenden Schläuchen oder Zellensträngen; früher hatte man sie für rundliche geschlossene Hohlräume wie in der Schilddrüse angesehen. Wie das Conarium kommt die Hypophysis allen Wirbelthieren

ausser Amphioxus zu; ihre Bedeutung ist unbekannt, doch wird der hintere Lappen für einen auf mehr embryonaler Entwicklungsstufe *stehen gebliebenen* Hirntheil gehalten. Der demselben zum Theil homologe Saccus vasculosus der Knochenfische (Stieda, 1868, bei Gadus lota) ist aus anastomosirenden, mit cylindrischem Epithel ausgekleideten Röhren zusammengesetzt, deren Lumen durch eine enge Oeffnung mit dem dritten Ventrikel communicirt. Hiernach wäre dieser Abschnitt als eine complicirte Ausstülpung des Vorderendes des embryonalen Centralkanals und vermuthlich als eine secernirende, die Cerebrospinalflüssigkeit der Gehirnhöhlen liefernde Drüse aufzufassen. Als Reste einer homologen Bildung können mit Flimmer-Epithel ausgekleidete microscopische Hohlräume (s. oben) betrachtet werden, die im hinteren Lappen beim Menschen zuweilen vorkommen. Auch im vorderen Lappen sind aus feinen axialen Spalten sich hervorbildende rundliche oder längliche Hohlräume im Innern der Schläuche nicht selten; sie pflegen Colloidmasse (S. 15) wie die Acini der Schilddrüse zu enthalten. v. Mihalkovics (1875) leitet hingegen den vorderen Lappen aus einer Einstülpung des vom Hornblatt (nicht vom Darmdrüsenblatt) abstammenden Epithels der embryonalen Mundbucht ab, parallelisirt den ersteren einer embryonalen Speicheldrüse, die als phylogenetisches Erbstück (rudimentäres Organ, S. 2) zu betrachten wäre, hebt aber selbst die mit dieser Anschauung im Widerspruch stehende relative Massenzunahme desselben bei den höheren Wirbelthieren hervor.

Die **Commissura cerebri anterior** besitzt feine transversale Nervenfasern; ihre Bündel sind in der Art torquirt, dass die hinteren der rechten Seite auf der Linken nach vorn gelangen und umgekehrt; dabei werden die Bündel zwischen den Crura anteriora fornicis von mehr circulären Fasern umsponnen.

Nach Sander's (1866) am Kaninchen angestellten Untersuchungen verbindet diese Commissur die beiden Lobi olfactorii (s. Faserverlauf im Gehirn, S. 455 u. 456).

Im **Septum pellucidum** verlaufen die Nervenfasern theils gegen das Rostrum corporis callosi aufsteigend, grösstentheils aber mit jenen sich kreuzend nach hinten. Im Innern jedes Markblattes liegt eine dünne Platte granulirten Bindegewebes, die kleine multipolare Ganglienzellen enthält. Auf ihren beiden Seitenflächen ist jede Marklamelle mit ebensolchem Bindegewebe bedeckt; während aber die in den Seitenventrikel schauende Fläche Flimmer-Epithel trägt, besitzt die dem Ventriculus septi pellucidi zugekehrte ausschliesslich eine endotheliale, der Bekleidung der Kleinhirnrinde (S. 431) homologe, aus Bindegewebszellen gebildete Begrenzung.

Die Differenz erklärt sich aus der Entwicklungsgeschichte. Die Blätter des Septum sind ursprünglich Theile der medialen senkrechten Wand der beiden Grosshirnbläschen (Grosshirnhemisphären); sie verkümmern anstatt zu massenhaften und gewundenen Gyri sich zu verdicken, obgleich im Uebrigen Homologie besteht. Die Höhle des Septum ist mithin ein zwischen Balken und Fornix abgekammerter Theil der Scissura longitudinalis cerebri s. pallii; die Flüssigkeit darin ist der Subarachnoidealflüssigkeit gleichwerthig und eine Communication mit der die Hirnventrikel füllenden Cerebrospinalflüssigkeit selbstverständlich nur Kunstproduct.

Der **Fornix** enthält in seinen auf- und absteigenden Wurzeln netzförmig geordnete Nervenfaserzüge, durch welche seine Längsbündel von einander getrennt werden. Seine Crura, sowie das Corpus führen gleichmässig feine Nervenfasern.

Der **Nucleus bulbi fornicis** s. corporis candicantis besteht jederseits aus dichter gedrängten vielästigen Ganglienzellen mittlerer Grösse. An seiner freien Oberfläche verlaufen die Nervenfasern des Bulbus fornicis concentrisch geordnet, dem Verlauf der umbiegenden Fornixwurzel folgend und dabei den Kern in mannigfachen Richtungen durchsetzend.

In der **Substantia perforata lateralis** finden sich viele multipolare, gelb pigmentirte Ganglienzellen mittlerer Grösse.

Die Fasern des Balkens, **Corpus callosum,** sind fein, durchflechten sich nach aussen mit denen der Corona radiata und bilden eine grosse Commissur beider Hemisphären (S. 455). Medianwärts längs des Anheftungsrandes des untersten medialen Bündels des Cingulum greift eine Fortsetzung der grauen Substanz des Gyrus cinguli noch etwas auf die obere Fläche des Balkens hinüber; ihre Ganglienzellen sind vorwiegend spindelförmig und transversal gestellt. Wie die übrige freie Oberfläche des Corpus callosum werden sie oben von granulirtem Bindegewebe überdeckt, das oberhalb der Ganglienzellen auch sagittale Nervenfasern führt.

Beim Hund und im vorderen Abschnitt des Balkens auch beim Kaninchen erstreckt sich eine dünne Ganglienzellenschicht von beiden Seiten her in die Medianlinie (Stieda, 1870).

Der **Thalamus opticus** enthält beiderseits in den Tubercula anterius und posterius gelblich pigmentirte Ganglienzellen mittlerer Grösse in beträchtlicherer Anzahl, einzelne in der Nachbarschaft der genannten Gebilde, sowie des Pedunculus conarii. Seine Oberfläche besteht in der Nähe der Commissura mollis aus grauer Substanz mit kleinen Ganglienzellen. — Das *Corpus geniculatum laterale* enthält ähnliche, jedoch mehr spindelförmige Zellen, die in 4—8 unregelmässige, zwischen die Wurzelbündel des N. opticus eingeschobene Blätter geordnet sind; das *Corpus geniculatum mediale* führt kleinere Ganglienzellen, wie sie auch in der übrigen Substanz des Thalamus vorkommen. Die Corpora geniculata gelten für Ursprungskerne des N. opticus (S. 455); andere spindelförmige pigmenthaltige Ganglienzellen liegen längs des vorderen Randes des sich an der Substantia perforata antica hinziehenden Tractus opticus.

Corpus striatum. Jedes derselben führt kleine multipolare Ganglienzellen und ausserdem solche, die auch als Körner bezeichnet werden, von mehr rundlicher Form, in sehr kleinen Gruppen. Ebenso zeigt sich die laterale Parthie des **Nucleus lentiformis** be-

v. Mihalkovics. Wirbelsaite und Hirnanhang, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11. p. 389. 1875

schaffen, während seine medialen Abtheilungen Zellen wie die des Thalamus führen. Auch das **Claustrum** enthält neben sehr zahlreichen sich durchkreuzenden Bündeln doppeltcontourirter Nervenfasern grössere spindelförmige, gelb pigmentirte und zahlreichere kleinere Ganglienzellen.

Meynert (1868) hält das Claustrum für die mächtig entwickelte siebente Schicht (s. Grosshirnrinde) der Inselwindungen wegen der Spindelgestalt seiner Zellen.

Die Seh- und Streifenhügel sind an ihrer freien Oberfläche mit einer dünnen Schicht sich kreuzender Nervenfaserbündel, *Stratum zonale,* belegt, welche sich von letzterem Hügel in eine zwischen ihm und dem Corpus callosum gelegene Fasermasse fortsetzen. Zwischen die Bündel finden im Thalamus einzelne kleine multipolare Ganglienzellen sich eingestreut.

Der **Nucleus amygdalae** besitzt feine Nervenfasern (s. Stria cornea S. 454) in vertical gestellten dünnen weissen Blättern, die seine graue Substanz durchziehen; in letzterer kleine und multipolare Ganglienzellen und sparsame von mittlerer Grösse. Dieser graue Kern gehört bereits der Hirnrinde an.

Grosshirnrinde.

Die Structur der Gyri, Randwülste, des Grosshirns gleicht in mancher Hinsicht derjenigen der Gyri cerebelli; doch ist eine grössere Anzahl von Schichten (Fig. 254) vorhanden. Auf dem Durchschnitt senkrecht zur Oberfläche unterscheidet das freie Auge einen zarten weisslichen Randsaum und graue Substanz, deren äussere der Pia mater nähere Hälfte reingrau, deren innere mehr graugelblich erscheint. An einzelnen Windungen des Hinterhauptslappens (S. 441) wird die graue von der graugelblichen Schicht durch einen zwischengelagerten weissen Markstreif getrennt. Das Microscop zeigt von aussen nach innen:

1. Randschicht. Zunächst der Pia erscheint ein scharfer Grenzsaum, welcher aus abgeplatteten mit Ausläufern versehenen Inoblasten besteht, deren Körper der Oberflächenkrümmung entsprechend ausgebreitet sind. Ausserdem eine dünne Lage sich durchkreuzender feiner varicöser Nervenfasern. Diese sehr dünne äusserste weisse Schicht enthält ferner granulirtes Bindegewebe und darin wiederum einzelne in der Flächenansicht netzförmig angeordnete feine varicöse Nervenfasern.

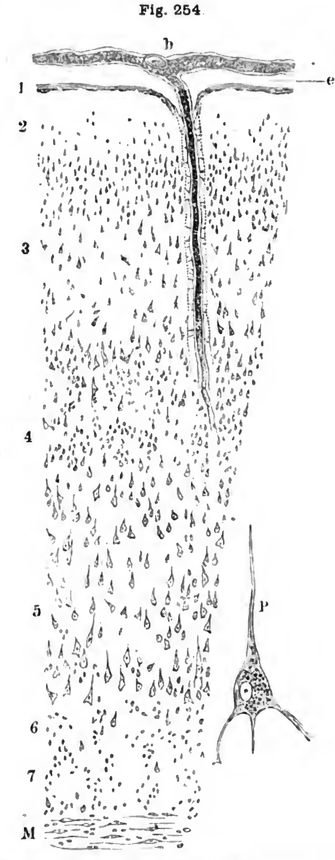
2. Zellenarme Schicht: eine dickere weisslich aussehende Lage, aus granulirtem Bindegewebe mit einzeln verstreuten Neurogliazellen und sparsamen kleinsten multipolaren Ganglienzellen zusammengesetzt. Sie wird wie die graue Schicht des Kleinhirns (S. 431) von Nervenfasern durchzogen, welche eine Verbindung zwischen der ersten und vierten Schicht herstellen.

3. Schicht der kleineren Pyramiden: eine viel dickere graue Schicht mit zahlreichen dicht gedrängten kleinen pyramidenförmigen Ganglienzellen in ihrer äusseren Hälfte. Der an die vierte Schicht angrenzende Theil der dritten enthält weniger dicht gedrängte Formelemente und die Anordnung daselbst gleicht mehr dem äusseren an die vierte Schicht anstossenden Abschnitt der fünften Schicht.

4. Aeusserer weisser Nervenplexus: eine weisse Schicht, bestehend aus einem dünnen flächenhaft ausgebreiteten Plexus dunkelrandiger Nervenfasern, die zu den Zellen der dritten Schicht treten. Von dieser Schicht sind an Carminpräparaten (Fig. 254) nur die rundlichen Kerne oder Körner zu sehen, welche die Nerven begleiten.

5. Schicht der grösseren Pyramiden, eigentliche Pyramidenschicht: eine mächtige graue oder, wenn ihre Blutgefässe gefüllt sind, etwas graugelbliche Schicht, deren äussere Grenze ungefähr der Mitte der ganzen grauen Hirnrinde entspricht. Sie enthält senkrecht zur Oberfläche aufsteigende

Fig. 254



Grosshirnrinde nach Behandlung des frischen Gehirnstückchens mit H. Müller'scher Flüssigkeit und Alkohol. Senkrechter Durchschnitt vom Abhange eines Gyrus quer auf die Längsrichtung des letzteren. Carmin, Wasser, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 300/50. *b* Blutgefäss in einen perivasculären Raum sich einsenkend, der mit dem sog. Epicerebralraum *e* communicirt. *1* Randschicht. *2* Zellenarme Schicht. *3* Kleinere Pyramiden. *4* Gegend des äusseren weissen Plexus. *5* Grössere Pyramiden. *6* Gegend des inneren weissen Plexus. *7* Schicht der kleinen Zellen. *M* weisse Marksubstanz. — *P* Isolirte grosse Pyramidenzelle aus dem Stirnlappen. Frisch in 0,01 % Chromsäure. V. 600/140.

durch Zwischenräume getrennte Nervenfaserbündel, die theils in den Plexus der vierten Schicht übergehen, theils Pyramidenzellen von mittlerem (und grossem) Kaliber versorgen. Letztere nehmen in grosser Zahl und in mehrfachen sehr unregelmässigen, aber im Ganzen der Oberfläche parallelen Reihen die Zwischenräume der an Carmin-Präparaten nicht sichtbaren Nervenbündel ein. Zwischen den grösseren finden sich auch kleine Pyramidenzellen.

6. Innerer weisser Nervenplexus: ein der Oberfläche paralleles Geflecht, wie das der vierten Schicht, aber dichter gedrängt, daher viel auffälliger und undurchsichtiger. Die Nervenfasern versorgen die grösseren Pyramiden in der fünften Schicht und stammen aus denselben Bündeln, welche den äusseren Plexus durch Faserabgabe constituiren. An Carmin-Präparaten sind (wie in der 4ten Schicht) nur rundliche nach aussen von den Faserzügen gelegene Kerne statt der Nervenfasern sichtbar.

7. Schicht der kleinen Zellen: eine dünne graugelbliche Schicht, welche die aus der Marksubstanz gegen die Oberfläche umbiegenden resp. (auf der Höhe der Gyri) ausstrahlenden Nervenbündel der fünften Schicht enthält. Ausserdem kleine pyramidenförmige, spindelförmige und sternförmige Ganglienzellen.

Die siebente Schicht stösst an die Marksubstanz (*M*) der Hemisphäre, deren Faserbündel von mehr spindelförmigen dem Faserverlauf parallelen Inoblastenkörpern begleitet werden. Letztere sind daher in der

Tiefe der Windungen parallel (Fig. 254), auf der Höhe der Gyri dagegen senkrecht zur Oberfläche gestellt.

Dreimal wechseln also graue und weisse Schichten mit einander ab. Die Undurchsichtigkeit der letzteren in durchfallendem, sowie ihre weisse Farbe bei auffallendem Licht wird am deutlichsten, wenn man mit caustischem Natron behandelte frische Schnitte durch die Loupe oder mit schwachen Vergrösserungen betrachtet. Man kann auch gefrorene Gehirne benutzen. Stärkere Vergrösserungen und sehr feine mit Alkalien behandelte senkrechte Schnitte gehärteter Präparate zeigen die Nervenfaserschichten deshalb nicht deutlich, weil nur kurze quer oder schräg getroffene Faserfragmente darin zur Erscheinung kommen.

Es ist angenehm, aber nicht nothwendig, das Gehirn in der ersten Stunde nach dem Tode zu untersuchen. Wie so häufig, lässt nur die Combination aller bekannten Untersuchungsmethoden die wahren Verhältnisse erkennen. Gefrierenlassen; Natron; Chromsäure, Carmin, Canadabalsam; verdünnteste Chromsäure und Osmiumsäure sind unentbehrlich. Die Vergleichung verschiedener Präparate wird durch Messen oder Zeichnen erleichtert. — Mannigfache Differenzen der Beobachter unter sich betreffen jedoch mehr die Ausdrucksweise als die Thatsachen. Die Früheren (Baillarger, 1840; C. Krause, 1843; Kölliker, 1850) zogen die erste mit der zweiten (Kölliker) oder die zweite mit der dritten (C. Krause) in je eine Schicht zusammen. Stieda (1870), Henle (1871) und Boll (1873) unterscheiden wie bei Säugethieren vier Schichten, indem die weissen (erste, vierte und sechste) wegfallen. Meynert (1868) zählt fünf Schichten, wobei die erste mit der zweiten, die innere Hälfte der dritten und die vierte Schicht mit der fünften zu einem dicken Stratum vereinigt werden. Die weissen Schichten werden wie von Stieda ignorirt, die sechste Schicht wegen ihrer rundlichen Kerne für eine der (inneren) Körnerschicht der Retina homologe Lage angesehen. Frey (Histologie 1874; Grundzüge, 1875) kennt von den weissen Schichten nur die oberflächlichste; Arndt (1867) und Cleland (1870) beschreiben die vierte, Clarke (1863) die vierte und sechste. — Nach Golgi (1873) lassen sich die Axencylinderfortsätze der mittleren Pyramidenzellen wie diejenigen der grossen Ganglienzellen im Cerebellum (S. 433) mit Hülfe von chromsaurem Kali nebst Silber bis zu 0,6 Länge verfolgen. Sie theilen sich wiederholt dichotomisch und die Aeste kehren nach der Peripherie zurück, um an der Bildung des Nervenplexus der zweiten Schicht theilzunehmen, resp. mit deren Bindegewebszellen in Verbindung (S. auch S. 435) zu treten.

Weisse Substanz der Grosshirnwülste. Die Nervenbündel derselben strahlen auf einem senkrechten, quer die Längsaxe des Gyrus schneidenden Durchschnitt pinselförmig aus. Erstere verlaufen daher senkrecht oder etwas schräg zur Oberfläche an den Wölbungen und seitlichen Abhängen der Gyri: der Oberfläche parallel in den Furchen. Indessen kommen einzelne von der Hauptmasse der weissen Substanz sich ablösende Bündel am äusseren Rande der letzteren vor, welche in der Tiefe der Furchen letztere quer durchschneiden oder am tieferen Theile der Abhänge hinaufziehen und jene pinselförmigen Ausstrahlungen unter annähernd rechten Winkeln passiren. Wo eine solche Kreuzung vorliegt, könnten sie daher irrthümlich für eine besondere achte Schicht der grauen Rinde genommen werden, welche die siebente in zwei Theile sondern würde. Die Nervenfaserbündel werden von ellipsoidischen der Faserrichtung parallel gestellten Inoblasten begleitet, die daher an den Abhängen der Gyri und in den Furchen der freien Oberfläche gleichgerichtet, senkrecht gegen letztere an den Wölbungen der Wülste gestellt sind.

In Betreff des Zusammenhanges der Nervenfasern mit den Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen existiren analoge Annahmen, wie sie bei der Kleinhirnrinde aufgeführt wurden: nur dass die Complication durch die Körnerschicht der letzteren wegfällt.

Besonderes Verhalten einzelner Windungen. Die vierte (weisse) Schicht ist ohne Weiteres mit freiem Auge an denjenigen Gyri des Hinterhauptslappens sichtbar, welche an dessen medialer Fläche sich vom hinteren Ende des Balkens nach hinten erstrecken. In diesen Windungen ist sie dicker und namentlich aus dichter gedrängten varicösen Nervenfasern zusammengesetzt und deshalb so auffallend. Dagegen sind die fünfte und sechste Schicht hier weit dünner; erstere bietet sogar stellenweise nur eine einzige Lage von Pyramidenzellen dar. Aber auch an allen übrigen Windungen, wie z. B. des Stirnlappens, können die vierte und sechste Schicht unter Umständen mit freiem Auge wahrgenommen werden. Jedesmal sieht man sie mit der Loupe nach Compression oder Natron-Zusatz. Ohne diese Hülfsmittel treten sie überall hervor, wenn die Pyramidenzellen stärker pigmentirt sind, daher bei älteren Individuen. Auch mag die Todesart z. B. Blutfülle bei gesunden Erhängten von Einfluss sein, weil die graue Substanz mehr Capillaren besitzt.

Die besprochenen Gyri des Hinterhauptslappens enthalten in der dritten am Uebergange in die vierte und namentlich in der fünften Schicht zwischen den übrigen zerstreut einzelne *grosse Pyramidenzellen* (Solitärzellen, Meynert, 1867, der die der dritten Schicht für diese Windungen als besondere vierte Schicht aufführt), welche sich auch im Stirnlappen und namentlich in dem an der medialen Hemisphärenfläche gelegenen Uebergange des oberen Endes beider Centralwindungen in einander (Riesenpyramiden des Lobus paracentralis, Betz, 1874), einzeln oder zu kleinsten Gruppen angeordnet vorfinden. Die Gyri der letztgenannten (S. Bd. II) Hirntheile zeichnen sich vor den übrigen — abgesehen vom beträchtlicheren Kaliber ihrer grossen Pyramiden — noch durch gelbliche Pigmentirung und dichtere Gedrängtheit von mittleren Pyramidenzellen etwas beträchtlicherer Grösse in der fünften Schicht aus, so dass es nicht schwer fällt, microscopische Schnitte aus verschiedenen Hirngegenden unmittelbar daran zu erkennen. Am auffälligsten ist hierbei die weite Erstreckung zur Oberfläche senkrechter stärkerer Nervenfaserbündel gegen die letztere, welche die fünfte Schicht durchsetzen, um den mächtigen äusseren Nervenplexus zu bilden.

Vielfach wiederholte Versuche, (Fritsch u. Hitzig, 1870; Fournié, 1872; Nothnagel 1872, etc.), in den Grosshirnwindungen gesonderte Centra für einzelne bestimmte (motorische, psychische etc.) Leistungen aufzudecken, haben bisher zu keinen sicheren Resultaten geführt. In denjenigen Experimenten, nach welchen namentlich dem Stirnlappen motorische Leistungen in Betreff einzelner Körpertheile, der vorderen Extremität etc. zugeschrieben worden sind, scheint der Streifenhügel derselben Körperhälfte nicht ganz unbetheiligt gewesen zu sein. Verletzt man (W. Krause) z. B. den rechten Streifenhügel beim Kaninchen, so entsteht Lähmung oder Paralyse der linken oberen Extremität, daher Reitbahngang (links herum), und das Thier gestattet, dass man ihm den linken Vorderfuss ausstreckt. Ausserdem kann stark vermehrte Secretion der Gl. Harderiana sinistra, ohne Hyperämie der Conjunctiva, sich ausbilden. Doch treten ähnliche Erscheinungen schon durch hydrostatischen Druck auf die rechte Hemisphäre ein.

Die Verhältnisse der **pyramidenförmigen Ganglienzellen** sind in allen Schichten der Grosshirnrinde wesentlich dieselben, nur an den grösseren Formen leichter wahrzunehmen und werden deshalb besonders in Betreff der dritten und fünften Schicht hier gemeinschaftlich besprochen. Man kann kleinste, kleine, mittlere und grosse *Pyramidenzellen* unterscheiden, deren verschiedene Dimensionen ihr einziges Unterscheidungsmerkmal sind. Uebergänge finden sich auf allen Punkten und Zahlenangaben (ganz abgesehen davon, dass die kleineren Formen ohne Reagentien überhaupt nicht und die grösseren nicht unverstümmelt darzustellen sind) nützen schon deshalb wenig, weil sich bei der pyramidenförmigen Gestalt nicht angeben lässt, wo der Zellenkörper aufhört und die Fortsätze anfangen. Indessen wird der Basis-Durchmesser für die kleinsten auf 0,009, die mittleren auf 0,02—0,04, die grossen (Riesenpyramiden) auf 0,04—0,055 zu schätzen sein. Von aussen nach innen nehmen die Zellendimensionen in der ganzen Grosshirnrinde im Allgemeinen stetig zu: nur die grossen Zellen stehen in der Dicke der fünften Schicht verstreut.

Die Pyramidenzellen kommen, soviel bekannt, nur in der Grosshirnrinde und derselben homologen Hirntheilen vor. Ihr Körper ist tetraedrisch (Fig. 254 *P*), auch mit einem Räucherkerzchen, besser mit einer Zwiebel verglichen worden. Er sendet nach der Oberfläche einen langen, dicken, sich verschmälernden *Spitzenfortsatz*, Hauptfortsatz, ab. Die Verschmälerung erfolgt durch seitlichen rechtwinkligen Abgang feiner Aestchen, die wie Dornen mit breiterer Basis aufsitzen (S. 374). Erst in grosser Entfernung vom Zellenkörper, selten nahe an letzterem, theilt sich der Spitzenfortsatz unter auffallend spitzem Winkel dichotomisch, löst sich in unmessbar feine Ausläufer auf, die nicht weiter zu verfolgen sind. In der Tiefe zwischen den Gyri biegt der genannte Fortsatz unter allmäliger Krümmung aus seiner gegen die Oberfläche schrägen Richtung in eine senkrechte um, da nämlich die Zellen selbst an diesen Stellen mehr schräg gelagert sind. Durch alle Merkmale und seine längsfasrige Beschaffenheit (an Osmiumsäure-Präparaten etc.) erweist sich der Spitzenfortsatz als Protoplasma-Ausläufer.

Entgegengesetzt dem Spitzenfortsatz geht von der Basis der Zelle in deren Mitte oder mehr seitlich am Rande der durch seine Feinheit, Starrheit und glänzendes Aussehen characterisirte *Axencylinderfortsatz*, mittlerer Basalfortsatz, ab. Derselbe verläuft entweder gestreckt in entgegengesetzter

Richtung vom Spitzenfortsatz oder ist in schräger Richtung der Zellenbasis angeheftet; er scheint auch rechtwinklig umbiegen zu können. Nach kurzem Verlaufe, wo dies zu beobachten ist, geht der Axencylinder in eine varicöse doppeltcontourirte Nervenfaser der vierten resp. sechsten Schicht über. Je grösser die Zelle, desto stärker pflegt der Axencylinder zu sein.

Ganz anders verhalten sich die *Basalfortsätze*, eckständige Fortsätze, seitliche Basalfortsätze. Vier oder fünf (selten mehr) — an kleineren Zellen auch wohl nur zwei oder drei — entspringen von den basalen Ecken des tetraedrischen, wie gesagt, einem Räucherkerzchen gleichenden Zellenkörpers, verästeln sich bald nachher wiederholt dichotomisch unter mehr rechten Winkeln. Die Aeste wie die Basalfortsätze selbst verlaufen ziemlich parallel der Oberfläche, biegen sich mitunter etwas von der letzteren ab und gehen in ein feines aus Nervenfibrillen bestehendes Netzwerk der siebenten Schicht über.

Auch die Grösse des *Kerns* und Kernkörperchens incl. Nucleolulus wächst mit der absoluten Grösse der Pyramidenzellen. Seine Länge beträgt z. B. in den grossen 0,015, in den mittleren 0,01 Mm. Der Kern ist ellipsoidisch, mit seiner Längsaxe constant in der Verlängerung des Spitzenfortsatzes gelegen; durch Wasserentziehung (Alkohol) schrumpft die Zelle und namentlich das dem letzteren Fortsatz zugekehrte Ende des Kerns wird von den Flanken her comprimirt. Dadurch kann eine scheinbare Pyramidengestalt des Kerns selbst vorgetäuscht werden.

Je nach der Lage der Pyramidenzellen gegen die optische Axe des Microscops ist ihr Aussehen begreiflicher Weise sehr verschieden. An senkrecht zur Oberfläche geführten Schnitten erscheinen sie spitzwinklig-dreieckig mit gleichen langen Seiten; in Flächenschnitten vier- oder fünfseitig polygonal; in schräger Ansicht, wenn ein Basalfortsatz an Dicke überwiegt, spindelförmig. Selbst die kleinsten Pyramiden unterscheiden sich in der Seitenansicht durch ihre dreieckige Form sehr lebhaft von gleichgrossen Neurogliazellen etc.

Nach dem Gesagten ist es jetzt selbstverständlich, dass die beschriebenen Schichten der Grosshirnrinde nicht scharf geschieden sind. Die Nervenfasern und Nervenfaserbündel reichen von einer Schicht in die andere und dasselbe gilt von langen Ausläufern der Ganglienzellen: namentlich durchsetzen diejenigen der fünften Schicht oberflächlicher gelegene Abtheilungen. Auch werden die Maschen der Nervenplexus nicht nur von grauer Substanz im Allgemeinen, sondern zum Theil auch von Ganglienzellen eingenommen. Die Grundlage aller Schichten bildet granulirtes Bindegewebe, dessen Zellen in der zweiten am deutlichsten und mehr isolirt hervortreten. Dasselbe wird von einem aus feinsten varicösen und marklosen Nervenfibrillen gebildetem Netzwerk durchzogen, welches einerseits mit den verästelten Ganglienzellenfortsätzen, andererseits, wie angenommen wird, direct mit markhaltigen Nervenfasern der weissen Schichten in Verbindung steht.

Der Axencylinderfortsatz der Pyramidenzellen ist von Ludw. Meyer (Med. Centralblatt, 1867) entdeckt worden. — Nach Analogie mit dem Rückenmark wurden von Luys (1865) die grösseren Pyramiden (namentlich des Stirnlappens, Betz, 1874) für motorisch, die kleinen für sensibel gehalten.

Cornu Ammonis.

Das Cornu Ammonis, Hippocampus, Ammonshorn (Fig. 255) ist eine eingerollte Rindenwindung. Die convexe Fläche jedes Gyrus hippocampi wird von Alveus hippocampi, einer Fortsetzung (*M*) der Marksubstanz der Hemisphären (Tapetum) bedeckt; sie ist dem weissen Mark in der Axe der Grosshirngyri (S. auch Fig. 253) homolog, und wo sie in den Seitenventrikel schaut,

mit dessen Epithel bekleidet. Hiervon abgesehen, lassen sich sechs Schichten im Gyrus hippocampi unterscheiden:

1. Die *Lamina medullaris circumvoluta* ist eine dicke weissliche Schicht. Ihre Nervenfasern laufen quer auf die Längsaxe des Cornu Ammonis.

2. *Stratum moleculare:* eine dünne von Nervenfasern der Lamina durchzogene Schicht granulirten Bindegewebes.

3. *Stratum lacunosum* s. reticulare: eine etwas dickere Schicht, deren rundliche Hohlräume, Lacunen, als Lymphräume aufgefasst werden. Zuweilen enthalten sie Hirnsandkugeln. Die dazwischen gelegenen anastomosirenden Balken führen zahlreiche Blutcapillaren und die peripherischen Abschnitte der verästelten Spitzenfortsätze von Pyramidenzellen der sechsten Schicht.

Fig. 255.



Querschnitt durch das Ammonshorn. H. Müller'sche Flüssigkeit, Alkohol, Carmin, Wasser, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 80/20. *F* Fimbria. *P* Pyramiden der Fascia dentata. *Gr* Stratum granulosum und *b* granulirtes Bindegewebe derselben Fascia mit Capillargefässen. *l* Lamina medullaris circumvoluta. *G* Gyrus hippocampi. *M* oberflächliche am convexen Rande in den Seitenventrikel schauende Nervenfaserschicht. *gr* Stratum granulosum. *l* Stratum lacunosum. *m* Stratum moleculare. *2* Stratum radiatum. *3* Pyramidenschicht.

4. *Stratum granulosum:* eine Schicht granulirten Bindegewebes mit zahlreichen, aber durch weite Abstände getrennten Körnern (S. Fascia dentata).

5. *Stratum radiatum.* Die genannten Spitzenfortsätze durchziehen senkrecht und einander parallel eine fast zellenfreie, an Carmin-Präparaten (Fig. 255) daher helle und für das freie Auge, wie die nächstfolgende, graugelblich aussehende Schicht.

6. *Stratum cellularum pyramidalium*, Pyramidenschicht. Sie besteht aus dichtgedrängten pyramidenförmigen Ganglienzellen mittlerer Grösse mit wenigen kleineren untermischt.

Ein Vergleich mit der Grosshirnrinde ergibt, dass deren Randschicht im Ammonshorn mächtig entwickelt und durch das erste bis dritte Stratum repräsentirt ist. Die Bedeutung des Stratum granulosum ist nicht aufgeklärt: es kann der zweiten zellenarmen oder der dritten aus kleinen Pyramiden zusammengesetzten Schicht der Hirnrinde entsprechen.

Die vierte bis siebente Schicht der letzteren wird durch das Stratum radiatum nebst der Pyramidenschicht repräsentirt. Insofern stellt der Gyrus hippocampi eine einfachere Formation dar, als die Nervenplexus der vierten und sechsten Rindenschicht demselben zu fehlen scheinen; doch liegt ein weitmaschigeres Netz von dünneren Nervenbündeln in der Gegend des Stratum lacunosum an der Grenze zwischen mittlerem und oberem Drittheil des Cornu-Querschnitts. Seine rhombischen Maschen stehen mit der Längsaxe senkrecht zur Oberfläche der Fascia

dentata. — Die tetraederförmigen Pyramidenzellen wurden von Purkyně (Bericht über die Naturforscherversamml. im Jahre 1837 zu Prag, 1838) zuerst beschrieben. — Bei Säugethieren sind die Verhältnisse des Cornu Ammonis ganz ähnlich (G. Kupffer, 1859).

Beim Uebergange in die Fascia dentata (Fig. 255 *P*) drängen sich die Pyramidenzellen zusammen und erscheinen dann im Centrum der ersteren über einen weiteren Raum ausgestreut, wobei ihre Spitzenfortsätze radiär gegen die Oberfläche gerichtet sind. Ferner ordnen sich die zerstreuten Körner des Stratum granulosum zu einem charakteristischen, in Carmin für das freie Auge schon auffallend gerötheten Körnerstreif. Die Peripherie desselben wird von gefässreichem granulirten Bindegewebe, an der mit dem Gyrus hippocampi verbundenen Fläche auch von einer Fortsetzung des Stratum lacunosum eingenommen. In der Fascia dentata sind folglich die sieben Schichten der Grosshirnrinde auf drei (wie im Kleinhirn, wenn man von dessen Grenzmembran absieht) reducirt: die Körnerschicht liegt aber nach aussen von den Ganglienzellen und deren verästelte Fortsätze werden nicht rückläufig.

Zwischen die Fascia dentata und den Gyrus hippocampi schiebt sich eine gefässhaltige (Fig. 255 zwischen *b* und *1*) bindegewebige Fortsetzung der Pia mater ein. Wo die beiden ersteren zusammenhängen, setzen sich Ausläufer des weissen Markblattes des Gyrus hippocampi gegen das Centrum der Fascia dentata fort und versorgen deren Pyramidenzellen.

Die Fimbria (*F*) besteht aus parallel geordneten feinen varicösen Nervenfasern, deren Bündel auf dem Querschnitt bei schwacher Vergrösserung granulirt erscheinen und enthält zahlreiche Blutgefässe. An ihrer Concavität wird sie von mächtigerem granulirten Bindegewebe überzogen.

In den Digitationen des Cornu Ammonis lässt sich eine derjenigen der Grosshirnrinde ähnliche Schichtung unterscheiden, die aber andere Bedeutung hat. In dieser Gegend besteht das Ammonshorn aus zwei mit einander verwachsenen wellenförmig gebogenen Blättern, dem sog. oberen und unteren Zackenlager, die jedoch nur künstlich getrennt werden können. Das obere Zackenlager ist eine Fortsetzung des Gyrus hippocampi, die auf dem Frontalschnitt mit einer frei auslaufenden umgebogenen Spitze endigt: in das untere Zackenlager läuft die Fascia dentata aus. Die Trennung beider wird durch einzelne von der Pia mater herstammende Blutgefässe angedeutet. Der Gyrus hippocampi zeigt hier drei Schichten: (1) oben die Fortsetzung des weissen als Alveus bezeichneten Markblattes, darunter eine dicke (2) Pyramidenzellenschicht und dann eine (3) Nervenfaserschicht, die als Fortsetzung der Lamina medullaris circumvoluta sich herausstellt. Zwischen dieser und der obersten Schicht der nun folgenden Fascia dentata liegen die erwähnten Blutgefässe in einer aus granulirtem Bindegewebe bestehenden (4) Schicht. Darunter folgt eine (5) Nervenfaserschicht, die — weil bei einer Einrollung stets gleichnamige Schichten an einander stossen müssen — als Lamina medullaris circumvoluta der Fascia dentata bezeichnet werden darf. Alsdann eine feinkörnige zellenarme (6) Schicht, dann ein (7) Stratum granulosum und eine unterwärts von einem dünnen Markblatt bekleidete Schicht von (8) Pyramidenzellen. Letztere ist nur scheinbar isolirt und hängt in weiter rückwärts gelegenen Ebenen (Fig. 255) mit den Pyramiden des Gyrus hippocampi zusammen. Diese acht nun genauer zu beschreibenden Schichten zeigen noch folgende Einzelheiten:

1. Im oberflächlichen, die Fortsetzung des Alveus darstellenden Markblatt, welches von Ependym und Epithel überkleidet an die Höhle des Seitenventrikels grenzt, laufen die oberen Nervenfaserbündel longitudinal, die unteren etwas schräg.

Die folgenden (2—7) Schichten schliessen sich in wellenförmigem Verlauf concentrisch den an der freien Oberfläche als Digitationen hervortretenden Wellenbogen und Wellenthälern an, die das oberste Markblatt bildet.

2. Eine breitere graue Pyramidenschicht, aus mittleren und kleineren Pyramidenzellen mittlerer Grösse bestehend, deren Spitzenfortsätze nach unten gerichtet sind und ein dünnes helles, ziemlich zellenfreies Stratum radiatum darstellen.

3. Ein schmalerer weisser Markstreif, dem inneren Nervenplexus der gewöhnlichen Grosshirnwindungen ähnlich. Seine Fasern stehen aber mit der Lamina medullaris circumvoluta (Fig. 255, *1*), welche selbst der äussersten dünnen Markschicht gewöhnlicher Grosshirnwindungen homolog ist, in Zusammenhang und halten vorwiegend longitudinale Richtung ein.

4. Eine dünne graue oder graugelbliche Schicht, aus granulirtem Bindegewebe bestehend, die stärkere Blutgefässe und lymphatische Hohlräume enthält. In dieser (wie auch in der sechsten Schicht) trennen sich an gehärteten Präparaten leicht die oberen Schichten von den unteren. Dadurch kommen die schon erwähnten nach Art einer Verzahnung gegenseitig in einander greifenden sog. Zackenlager zu Stande, die grösstentheils aus grauer Substanz bestehen, da deren Masse die der weissen im Cornu Ammonis überwiegt.

5. Eine weisse Schicht, die weniger dick als die dritte, sonst wie diese beschaffen und dem äusseren Nervenplexus der Grosshirnrinde ähnlich ist, aber in Wahrheit ein der Fascia dentata selbst angehörendes Blatt der Lamina medullaris circumvoluta repräsentirt.

6. Eine dünne hellgrau durchscheinende oder graugelbliche Schicht wie die vierte. Sie hängt mit dem Stratum moleculare (Fig. 255 *b*) der Fascia dentata zusammen.

7. Das Stratum granulosum, aus je drei bis vier über einander geschichteten Körnern bestehend. Letztere sind in Wahrheit kleine pyramidenförmige oder mehr rundliche Ganglienzellen mit relativ sehr grossem Kern, wenig Zellenkörper und zwei bis drei Ausläufern. Ganz nach vorn reducirt sich das Stratum granulosum zu einem geschlossenen auf dem Querdurchschnitt elliptischen Ringe.

8. Eine weisslich-graue Schicht, die auf dem Querschnitt Papillen-ähnlich in jeden Wellenberg der Digitationen hineinragt. Auch die Oberfläche dieser scheinbaren Papillen ist wie die Körnerschicht concentrisch zu derjenigen der Digitationen gekrümmt. Ihre Substanz hängt nach unten mit dem an die Pia mater stossenden äusseren Markblatt zusammen. Letzteres würde an sich genommen der weissen Randschicht der Grosshirnwindungen zu parallelisiren sein. Aber in der Substanz der anscheinenden Papillen sind ausser den in sie ausstrahlenden Nervenfasern des Markblattes zahlreiche dicht gedrängte spindelförmige oder pyramidenförmige Ganglienzellen vom Kaliber der mittleren Pyramiden vorhanden und mit der Längsaxe dem Faserverlauf parallel gestellt. Daher entspricht, wie gesagt, diese Ganglienzellen-Anhäufung der Pyramidenschicht in der eigentlichen Fascia dentata (Fig. 255 *P*).

Trigonum olfactorium.

Das Trigonum olfactorium beider Seiten wird von abgeplatteten Wurzelbündeln des Tractus olfactorius durchsetzt; seine graue Substanz ist einer Rindenwindung homolog, besitzt aber zahlreiche dichtgedrängte Pyramidenzellen mittlerer Grösse, deren Spitzenfortsätze, schräg gegen die Oberfläche geneigt, in der Wurzelfaserrichtung sich erstrecken.

Bulbus olfactorius.

Der Bulbus olfactorius, Riechkolben, ist ein verkümmerter Hirntheil, eine Ausstülpung aus dem Vorderhorn des Seitenventrikels. Bei Thieren enthält er eine inwendig flimmernde, mit letzterem communicirende Höhle, beim Menschen und Affen ist dieselbe obliterirt.

In jedem *Tractus olfactorius* verlaufen feine varicöse Nervenfasern zu Bündeln geordnet in sagittaler Richtung. Sie stammen aus den Wurzeln des Tractus und wird derselbe an seiner oberen Fläche von grauer Substanz überlagert, die nach den Seiten und nach unten sich verdünnend, den Tractus als zarte Rinde umgibt. Sie besteht aus Neuroglia mit kleinen spindelförmigen Ganglienzellen und repräsentirt einen *Lobus olfactorius cerebri.*

Beim Uebergange in den *Bulbus olfactorius* treten Züge von Körnern, *Olfactoriuskörner* (s. Bindegewebe des Gehirns, S. 457), zwischen den Nervenbündeln auf. Am Riechkolben selbst wird dessen obere Seite ungefähr zu einem Viertel seiner ganzen Dicke von sagittalen Fortsetzungen der Bündel des Tractus eingenommen. Eine horizontale Platte eingeschobener feinkörniger Substanz scheidet die Fasermasse in eine untere kleinere und eine obere doppelt so starke Lage. Die genannte Substanz ist Neuroglia mit rundlichen Zellen; sie wird von einem Capillargefässnetz durchzogen und auch an ihren seitlich zugeschärften Kanten von der Nervenfasermasse umschlossen. Ihrer Lage nach entspricht sie der Höhle des Bulbus olfactorius, welche die mit besserem Geruchsorgan ausgestatteten Säugethiere (mit Ausnahme der Affen und Wassersäuger, Cetaceen etc.) besitzen und sie ist daher als frühzeitig obliterirter Ausläufer des embryonalen Centralkanals aufzufassen (W. Krause, 1875). An ihrer oberen Fläche besitzt die obere Nervenfasermasse einen dünnen bindegewebigen, aus spindelförmigen Inoblasten zusammengesetzten Ueberzug. Abgesehen von der Fortsetzung des Tractus besteht der eigentliche Bulbus olfactorius, von unten nach oben gerechnet, noch aus vier Schichten. Sie lagern sich concentrisch wie eine von unten und vorn her aufgesetzte Kappe über das vordere Ende des Tractus, welches sich microscopisch weit in den Bulbus verfolgen lässt und ringsum von den jetzt zu beschreibenden Schichten umhüllt wird.

1. Riechnervenfaserschicht, Nervenfaserschicht, Clarke; äussere Abtheilung der gelatinösen Nervenfaserschicht, Henle, besteht aus sich durchkreuzenden Bündeln einfach contourirter Nervenfasern. Diese Fasern sind von länglichen Neurilemkernen begleitete Fibrillenbündel wie die der Nn. olfactorii (Fig. 222, S. 364).

2. Knäuelschicht, äussere gelatinöse Schicht, Clarke; innere Abtheilung der gelatinösen Nervenfaserschicht, Henle; Stratum glomerulosum, Meynert, enthält die Fortsetzungen der Olfactoriusbündel und viele einzelne Olfactoriusfasern, welche in die von einem Capillargefässnetz durchzogenen *Olfactoriusknäuel, Glomeruli olfactorii,* übergehen. Dieselben liegen in die Neuroglia dieser Schicht als undurchsichtigere, 0,05—0,1 dicke, kuglige Körper eingebettet. Wesentlich werden sie von Aufknäuelungen der Olfactoriusfasern gebildet und enthalten dieselben Kerne wie diese. Nach dem Centrum des Bulbus entsenden sie feine varicöse doppeltcontourirte Nervenfasern, so dass in ihnen die Olfactoriusfasern ihren eigenthümlichen Character einbüssen.

3. Ganglienzellenschicht, Stratum gelatinosum, Clarke; fünfte und sechste Schicht, Henle, ist der grauen Hirnrinde homolog. In einer Grundlage granulirten Bindegewebes verstreut, enthält ihre äussere Hälfte zahlreiche rundliche Körner resp. Zellen wie die dritte Schicht der Grosshirn-

rinde, feine varicöse Nervenfasern und Bündelchen von solchen, die sich zur Peripherie begeben. Der inneren Hälfte fehlen jene Körner; die im Allgemeinen sparsamen Ganglienzellen dieser Schicht drängen sich an der Grenze gegen die vierte Schicht in eine einfache Lage zusammen, deren Spitzenfortsätze gegen die Glomeruli olfactorii gerichtet sind.

4. Körnerschicht, vierte Schicht, Henle. Sie wird wesentlich von einem dichten, horizontal gelagerten, aus dicken abgeplatteten Bündeln zusammengesetzten Nerven-Plexus gebildet. Die Bündel biegen aus der unteren Abtheilung des weissen Marklagers des Tractus olfactorius (S. 447) in die dritte Schicht um und werden unter einander durch zahlreiche Gruppen von Körnern gesondert. Die Gruppen bieten auf dem Frontal- und Sagittalschnitt des Bulbus dasselbe Bild horizontal gelagerter spindelförmiger Haufen dar: auf dem Flächenschnitt anastomosiren die Körnerreihen. An der Grenze gegen die dritte Schicht tritt bei Riechkolben, die nicht gleich nach dem Tode zweckmässig gehärtet wurden, eine Trennung ein. Diese Leichen-Erscheinung beruht auf dem Vorhandensein vieler, cylindrischer resp. auf dem Querschnitt rundlicher, anastomosirender Lymphbahnen in dieser Gegend.

Die Glomeruli olfactorii wurden von Leydig (1852) bei Selachiern, von Clarke (1862) bei Säugethieren aufgefunden. Wenigstens beim Schaf sind darin rundliche Ganglienzellen zu erkennen, die von einer endothelialen Umhüllung eingescheidet werden, welcher die erwähnten eingelagerten Kerne angehören. Danach sind die Glomeruli in ihrer Gesammtheit, wie der laterale Kern der vorderen Acusticuswurzel (S. 419), einem Spinalganglion homolog, und die Foramina cribrosa oss. ethmoid. einem rechten und linken Intervebralloch. Denn nach Rücksicht auf die Selachier (Gegenbaur) kann möglicherweise der menschliche Schädel noch rudimentäre Wirbelanlagen enthalten, und wenngleich die Fissura orbitalis superior keineswegs einem Intervertebralloch gleichzusetzen ist (S. 103), so braucht doch das Foramen ovale nicht das vorderste von solchen des Schädels zu sein.

Die Axencylinderfortsätze der Ganglienzellen sollen nach Huguenin (1873) beim Hund mit aus den Glomeruli austretenden varicösen Fasern zusammenhängen. Jedoch sind in der dritten Schicht, wie gesagt, deren Spitzenfortsätze gegen die Glomeruli gerichtet.

Wäre jene Angabe richtig, so würde zum ersten Male für einen centripetal leitenden Nerv erwiesen sein, dass seine Fasern mit Axencylindertortsätzen zusammenhängen. Früher (1867) sonderte Meynert die obige dritte Schicht noch in vier, nämlich äussere Körner, äussere Pyramiden, mittlere Körner und innere Pyramiden. Die lymphatischen Räume an der Grenze zwischen dritter und vierter Schicht erinnern an das Stratum lacunosum im Ammonshorn (S. 444) und erscheinen auf Frontalschnitten durch den vordersten Theil des Bulbus olfactorius wie ein heller, die Körnerschicht allseitig umgebender Ring.

Chiasma opticum.

Am Chiasma sind drei von einander unabhängige, dicht zusammengelagerte Theile zu unterscheiden: die verticale Commissur, die horizontale Commissur und das eigentliche Chiasma.

Im *Chiasma* selbst findet eine vollständige Durchkreuzung der Opticusfasern statt. Sie halten dabei einen bogenförmigen Verlauf ein, indem die lateralen Fasern jedes Tractus im vorderen Theile resp. Winkel des Chiasma in einem nach vorn convexen Bogen quer zur anderen Seite hinübertreten, um als mediale Bündel des entgegengesetzten N. opticus sich fortzusetzen. Die medialen Fasern des Tractus dagegen halten sich an den hinteren Winkel desselben, ebenfalls quer verlaufend, und gelangen an die laterale Seite des entgegengesetzten N. opticus. Die am vorderen und hinteren Winkel verlaufenden können eine quere vordere resp. hintere Commissur vortäuschen; die Sehnerven-Bündel flechten sich im ganzen Chiasma korbartig oder Strohmatten-ähnlich unter spitzen Winkeln durch einander und enthalten zwischen sich in Reihen homologe, durch Tinctionsmittel zu färbende Körner, wie der N. opticus selbst (S. 175). Besonderheiten zeigen sich einerseits darin, dass die Bündel des rechten Tractus die des linken überkreuzen; andererseits nähert sich der Faserverlauf im Centrum des Chiasma dem rein queren, und die Durchkreuzungen finden unter sehr spitzen Winkeln statt, während die analogen seitlichen Winkel im vorderen und hinteren Theile grösser sind. Ferner zeigt sich der Faserverlauf im hinteren Winkel stärker nach hinten convex, als er es im vorderen nach vorn ist. Einige Bündel des Tractus

gelangen auch von der oberen auf die untere Fläche, um sich daselbst zu kreuzen, und zwar findet sich ein solches, schräg absteigendes, jederseits im Innern des vorderen Winkels, und andere gehen am lateralen Rande der seitlichen Winkel auf die untere Fläche über. Letztere sind ebenfalls irrthümlicher Weise für direct in den N. opticus derselben Seite gelangende Fasern gehalten worden.

Die *Schlingencommissur, Commissura ansata,* ist die vordere oder verticale Commissur des Chiasma. Sie erstreckt sich über dessen obere Fläche, durch den vorderen Winkel zur unteren absteigend, als eine dünne Faserlage, welche das Chiasma von hinten her wie eine Schlinge in sich fasst.

Die *Bogencommissur, Commissura arcuata* s. arcuata posterior, Fibrae arcuatae centrales, ist eine wirkliche horizontale und transversale Commissur des Chiasma, dem letzteren aber nur äusserlich angelagert. Es ist ein weisser Markstreifen, der sich in der Mitte zwischen oberem und unterem Rande des hinteren Winkels, jedoch näher am ersteren, hinzieht. Die Commissur ist in der Medianlinie am breitesten, verliert sich nach beiden Seiten hin längs der Tractus optici. (S. auch Tuber cinereum, S. 437).

Während die Höhle des dritten Ventrikels sich nach unten in den Aditus ad infundibulum fortsetzt, verlängert sich ihr vorderstes Ende in eine enge, über dem Chiasma gelegene, mediane Spalte, *Recessus chiasmatis.* Wie der hintere, von grauer Substanz überzogene Winkel der Commissura arcuata wird sie von Flimmer-Epithel ausgekleidet; an der oberen Wand ist das Ependym hier und da zu kleinen Zotten ausgebildet. Der Recessus ist das oberste Ende des im Filum terminale des Rückenmarks beginnenden Centralkanals des embryonalen Medullarrohrs.

Bei den Fischen ist die totale Durchkreuzung der Sehnerven meist schon mit freiem Auge zu sehen und fehlt auch bei Petromyzon nicht (Langerhans, 1873). Gewöhnlich überkreuzt der rechte N. opticus als Stamm den linken (z. B. Perca fluviatilis); bei anderen Arten liegt der linke höher als der rechte, was auch als Varietät vorkommt, oder der eine Nerv durchbohrt den anderen (Zehender und Merkel mit Scheel, 1875). Bei Reptilien, Amphibien und Vögeln sind die Bündel des Chiasma breiter und platter, mehr Blättern ähnlich; bei Säugethieren der vordere und hintere Winkel des Chiasma spitzer als beim Menschen, die Faserkreuzung aber homolog. — Die totale Sehnervenkreuzung im Chiasma wurde bei Fischen und Vögeln von Carus (1814); für alle Wirbelthierclassen und den Menschen von v. Bisiadecki (1860) nachgewiesen, und stimmen hiermit sowohl pathologische Befunde als Durchschneidungs-Experimente (Brown-Séquard, 1872) überein. Gudden (1874) dagegen glaubt auf Grund von Experimenten (z. B. Exstirpation eines Augapfels), dass die Kreuzung bei Säugern mit gemeinschaftlichen Gesichtsfeldern (Hund, Affe, Mensch) eine unvollständige, bei Säugethieren mit getrennten Gesichtsfeldern (Kaninchen) und bei allen übrigen Wirbelthieren (auch bei den Eulen, denen man trotz ihrer parallelen Augenaxen getrennte Gesichtsfelder zuschreibt) eine totale sei. Indessen lehren feine Horizontalschnitte und starke Vergrösserungen, dass beim Menschen und noch bequemer bei der Katze (W. Krause). die, wie bekannt, gemeinschaftliche Gesichtsfelder hat, die lateralsten Bündel des Chiasma niemals auf derselben Seite durchgehen, sondern in der Gegend der Mitte des lateralen Randes des Chiasma entweder abgeschnitten aufhören oder zur anderen Körperhälfte hin sich medianwärts wenden. Dasselbe fand Scheel beim Menschen, dem Hunde und der Katze: nur theilen sich daselbst die Opticusstämme in viel feinere Bündel, als z. B. beim Kalb, Schaf und Kaninchen. Jene Experimente wurden von Scheel bei der Katze mit positivem Erfolge wiederholt, wodurch die negativen Resultate Gudden's widerlegt sind.

Weisse Substanz des Gehirns.

Die Marksubstanz des kleinen und grossen Gehirns unterscheidet sich im Allgemeinen durch Feinheit ihrer Nervenfasern und Axencylinder von der des Rückenmarks (S. 393. S. 397) und der Medulla oblongata. Die charakteristischen Sonnenbildchen der querdurchschnittenen Nervenfasern fehlen oder werden erst bei sehr starken Vergrösserungen kenntlich. Die Uebergänge aber geschehen allmälig, indem sich stärkere als solche unterscheidbare und im Vorhergehenden schon benannte *Fortsetzungen der weissen Rückenmarksstränge* durch das verlängerte Mark ins Gehirn erstrecken.

Faserverlauf im Gehirn.

Die Bahnen, welche die in das Centralorgan eingetretenen Wurzelbündel der Hirn- und Rückenmarksnerven einschlagen, sind in Continuität mit dem peripherischen Verlauf der letzteren, und werden als *centrale Bahnen erster Ordnung* bezeichnet. Sie endigen im

Rückenmark an den Ganglienzellen der grauen Säulen, und von letzteren gehen Bahnen *zweiter Ordnung* aus, die zu höher gelegenen grauen Massen führen. Diese Bahnen können noch in kurze und in lange Bahnen (S. 374. S. 395) unterschieden werden. Im Rückenmark sind es die weissen Stränge; als Fortsetzung der meisten Hirnnerven sind Bahnen zweiter Ordnung jedenfalls vorhanden: der Tractus olfactorius und N. opticus selbst stellen aber zufolge der gewöhnlichen Annahme bereits eine Bahn zweiter Ordnung dar. Nirgends lässt sich nachweisen, dass Wurzelfasern direct, ohne Unterbrechung durch Ganglienzellen, zum Grosshirn aufsteigen, in dessen Rindenwülsten das letzte Ende (resp. der Ursprung) aller peripherischen Nervenfasern gesucht werden muss. Zweifelhaft ist es sogar, ob irgend eine centrale Bahn zweiter Ordnung unmittelbar zu den Ganglienzellen der genannten Wülste leitet. Während die grauen Säulen des Rückenmarks und die homologen Nervenkerne für die letzten zehn Hirnnerven (die Retinaganglien und Bulbi olfactorii für die ersten beiden) die erste Unterbrechung bedingen, sind anderwärts graue Massen eingeschaltet, in welchen Bahnen zweiter Ordnung ein provisorisches Ende finden, und von welchen, nach abermaliger Unterbrechung durch Ganglienzellen, die Bahnen *dritter Ordnung* weiterführen. Als solche werden aufgefasst: die unteren und oberen Oliven, Olivennebenkerne, Pyramidenkerne, Kerne der Seitenstränge und Gürtelschicht, Nuclei funic. gracil. und cuneat., die grauen Nuclei pontis, das Cerebellum mit seinen Gyri, Nuclei cerebelli nebst dem Dachkern u. s. w. Noch weitere Einschaltungen, wie sie durch die Ganglienmassen der Eminentia quadrigemina, die Kerne der Hauben, Substantia nigra, Thalami und Corpora striata etc. gegeben zu sein scheinen, würden Bahnen *vierter Ordnung*, als von jenen zu den Rindenwülsten des Grosshirns aufsteigend, constituiren. Indessen sind die anatomischen Untersuchungsmethoden noch zu unvollkommen, um an manchen Orten selbst nur Bahnen dritter von denen zweiter Ordnung mit Sicherheit unterscheiden zu lassen, so sehr auch die physiologischen Leistungen einiger jener provisorischen Central-Apparate die Existenz von solchen vierter Ordnung wahrscheinlich machen mögen. Wie dem sei — jedenfalls sind in den complicirten Umwegen, die ein Erregungsvorgang innerhalb jener Bahnen zweiter und dritter Ordnung (falls man als Endpunkt der letzteren bereits die Grosshirnwülste setzt) einschlagen kann, genug Möglichkeiten gegeben, um, wie es scheint, sogar die verwickeltsten Leistungen der nervösen Centralapparate erklärbar zu machen.

Die geschilderten Bahnen im Einzelnen zu verfolgen, ist heutzutage noch Aufgabe: theils der descriptiven Anatomie, insofern die Verlaufsrichtungen auf kürzere Strecken mit dem Messer dargestellt werden können (worüber Bd. II zu vergleichen ist). Theils fällt ihre Ermittlung dem physiologischen oder dem gleichsam von der Natur selbst angestellten pathologischen Experiment anheim. Die microscopische Forschung, von der das Meiste auf diesem Gebiete zu erwarten wäre, steht zur Zeit der ungeheuren Complication der Aufgabe ohne ausreichende Methoden gegenüber, wie sogleich noch näher gezeigt werden soll. So sind die vielen Widersprüche in den Angaben leicht zu erklären, aber schwer zu beseitigen. Man muss sich erinnern, dass über die Bahnen zweiter Ordnung der unteren zehn Hirnnerven, d. h. über die nächsten Verbindungen der sämmtlichen genau bekannten und ausführlich beschriebenen Hirnnervenkerne nichts Sicheres existirt, als die von Deiters herrührende Annahme, dass von diesen grauen Kernen austretende Fasern wiederum den Fortsetzungen der Rückenmarksstränge nach oben sich beimischen. Hier sind nicht einmal die Bahnen zweiter Ordnung bekannt (S. Linsenkernschlinge, S. 454). Insofern die vergleichende Anatomie kaum die Homologieen macroscopisch sichtbarer Gehirntheile überall sichergestellt hat und die histologische Entwicklungsgeschichte noch viel weiter zurück ist, so muss die Wahrheit an die Spitze gestellt werden, dass alle nachstehenden Angaben über den Zusammenhang durch *weitere* Strecken unbegründete Hypothesen sind.

Aufgeführt aber werden hier diese Angaben deshalb, weil sie ein Bild von dem Faserverlauf im Ganzen geben können. Wenn irgend ein Strang sich über grössere Distanzen erstreckt oder sich umbiegt, durch graue Massen hindurchstrahlt u. s. w., so ist es bei der gegebenen Complication der morphologischen Erscheinungen nicht allein möglich, sondern in vielen Fällen nur zu gewiss, dass die fragliche Bahn in fernerem Verlaufe ganz andere Elemente resp. Fasern von anderer Herkunft und Bedeutung führt, als in ihrem Anfange. Daher kommt die Unmöglichkeit, auf dem Wege der macroscopischen Präparation etwas Zuverlässiges über den Faserverlauf zu ermitteln. Und nur scheinbar bietet die namentlich von Meynert geübte Methode, durchsichtige Schnittpräparate microscopisch zu prüfen, grössere Sicherheit. Denn über die wesentlichen, an jedem Punkte neu auftauchenden Fragen: ob bestimmte Faserzüge mit Ganglienzellengruppen in Zusammenhang stehen oder dieselben nur durchsetzen; ob solche mit anderen Faserzügen sich durchkreuzen oder wirklich Fasern austauschen, liefert auch diese Methode nicht die geringsten Aufschlüsse. Nur das brennende Bedürfniss der Physiologie und Pathologie hat namentlich Irrenärzte veranlasst, durch öfters geistvolle Combinationen dergleichen Brücken zu schlagen, die von wenig exact angestellten physiologischen Experimenten oder noch viel widerspruchsvolleren pathologischen Erfahrungen gefordert zu werden schienen.

Mit solchem Vorbehalt sind, wie gesagt, die nachstehenden Resultate mühevoller Forschungen aufzunehmen. Der Verlauf der Faserzüge ist von Meynert (Stricker's Handb. d. Gewebelehre, Bd. II. 1870) im Wesentlichen richtig geschildert, seine Angaben sind auch noch von Huguenin (Allg. Pathol. d. Nervensystems. Th. I. 1873) fast überall bestätigt, aus dessen Darstellung das hier folgende Schema entnommen ist. Dagegen sind die daraus gezogenen Schlüsse auf den Zusammenhang und die Functionen der weissen sowie grauen Massen nicht nur rein hypothetisch, vielmehr lässt sich in den meisten Fällen mit positiver Gewissheit sagen, dass die Sache so nicht sein kann. Wenn jene dennoch hier berücksichtigt werden, so geschieht es nicht sowohl wegen des erwähnten dringenden Bedürfnisses anderer medicinischer Disciplinen, sondern weil so biegsame Anschauungen leicht von Jedem am einzelnen Punkte durch andere ersetzt werden können, die sich etwa ermittelten neuen Thatsachen besser anschliessen. — Andererseits ergibt sich, weshalb nur die Hauptzüge berücksichtigt und eine Menge untergeordneter, zur Zeit nutzloser Detail-Angaben nicht erwähnt worden sind. — Der einzige zum Ziele führende Weg ist die (Aufklärungen selbstverständlich nur vorbereitende) Stilling'sche Methode der Rückenmarks-Untersuchung: Schnitt für Schnitt in drei auf einander senkrechten Ebenen nebst Messung und Zählung; es hat sich aber bislang kein Stilling für das Gehirn finden lassen wollen.

Rückenmark. Die Vorderstränge bestehen wesentlich aus motorischen (excitomotorischen) Fasern, welche Reflexbewegungen auslösen (vergl. unten, Pedunculi cerebri, S. 453); sie gelangen durch die Medulla oblongata in die Haube.

Die Seitenstränge werden von motorischen Fasern gebildet, die willkürliche Bewegungen vermitteln: dieselben setzen sich *gekreuzt* durch die unteren Bündel der Pyramiden und deren Kreuzung in die Pedunculi cerebri fort. (Nach Deiters, 1865, entspringen jedoch die Pyramidenfasern oberhalb ihrer Kreuzung aus den Zellen der Formatio reticularis.) Die Pedunculi cerebri aber gelangen nach oben in das Corpus striatum, den Nucleus cerebelli, zu den Ganglienzellen der Substantia nigra, der Bulbi fornicis und der grauen Rinde der Stirn- und Hinterhauptslappen des Grosshirns.

Was die *Vorderstränge* in ihren weiteren Fortsetzungen betrifft, so sind ihre Fasern nicht streng von den Fortsetzungen der Seitenstränge zu sondern. Vielmehr setzen Vorder- und Seitenstränge zum Theil gemeinsam den durch die Formatio reticularis characterisirten *motorischen Antheil* der Medulla oblongata oder deren motorisches Feld zusammen. In der letzteren liegen die Vorderstrangsfortsetzungen zwischen den Hypoglossuswurzeln und Pyramidensträngen beider Seiten (Fig. 242, S. 410) eingeschlossen; die Seitenstränge aber lateralwärts von den genannten Wurzeln. Abgesehen von den nach ihrer Bedeutung oben characterisirten Pyramiden setzt sich der motorische Antheil der Medulla oblongata beiderseits in die Haubenbündel des Thalamus opticus fort; hängt ferner zusammen durch das oberflächliche Schleifenblatt mit dem Colliculus eminentiae quadrigeminae anterior, durch das tiefe Schleifenblatt mit dem posterior; ausserdem mit einem kleinen, an den Pedunculus cerebri sich anschliessenden Bündel; mit den Fortsetzungen des Vorderstrangs (Fig. 251 *Vsp*, S. 426), welche im unteren vorderen Abschnitt des Thalamus opticus, dicht oberhalb des horizontal verlaufenden Anfanges seines unteren Stieles sich erstrecken, und endlich mit Fasern der Corpora restiformia.

Die Hinterstränge bestehen aus sensiblen Fasern; sie gelangen theils als Funiculi cuneati und graciles durch Vermittlung der Oliven (S. 452), und zwar *gekreuzt* in das Cerebellum, theils gehören sie der oberen sensiblen Trigeminuswurzel (S. 425) an, theils setzen sich ihre *sensiblen* Fasern vermittelst der oberen Bündel der Pyramidenkreuzung in die Pedunculi cerebri fort.

Mit dieser wenigstens in sich abgerundeten Darstellung stehen einige andere, ebenfalls auf die neueren Hülfsmittel basirte Auseinandersetzungen nur wenig in Harmonie.

Was zunächst die *Vorderstränge* anlangt, so lässt Lebedjoff (1873) im Gehirn von Hunden, Katzen, Kaninchen die Fortsetzungen der Vorderstränge (Fig. 251 *Vsp*, S. 426) nicht, wie sonst angenommen wird (s. oben) in Haubenfasern, sondern neben der Medianebene als ein besonderes compactes Bündel, das bis dahin noch aus stärkeren Axen-Nervenfasern resp. Axencylindern zusammengesetzt auf dem Querschnitt sich präsentirt, in die laterale und hintere Oberfläche des Bulbus fornicis jederseits übergehen. An der Peripherie des letzteren fahren die Fasern zu kleinen Gruppen geordnet aus einander, vereinigen sich wieder zu einem compacteren, gekrümmt lateralwärts und nach oben verlaufenden, aus feinen Fasern bestehenden Bündel, welches in den lateralen und oberen Rand des Thalamus opticus pinselförmig ausstrahlt. Der fragliche Faserzug ist bisher als (absteigende) Wurzel des Fornix aus dem Thalamus gedeutet.

Ueber die *Seitenstränge* ist eine wichtige und leicht zu bestätigende Thatsache durch Flechsig (1873) beim neugeborenen Kinde festgestellt. Bei letzterem (und schon beim sieben-

monatlichen Fötus) zeichnet sich ein peripherischer Theil an der hinteren Hälfte des Seitenstranges durch Entwicklung von Nervenmark in seinen Fasern, sowie in Folge davon hervorstechende weisse Farbe aus, und vermittelst des Corpus restiforme geht *dieser Theil direct in das kleine Gehirn* über. Es ergibt sich daraus ein neuer Weg, mit Hülfe der successiv auftretenden Entwicklung des Nervenmarks an Fasern der Centralorgane in den Faserzügen der letzteren bestimmte Gruppen unterscheiden zu lernen (Flechsig). Andere Parthien des Seitenstranges sind noch grau und marklos. Letztere Bündel verlaufen am Lumbaltheile im vorderen Theil von dessen hinterer Hälfte, gelangen im Cervicaltheil an die laterale Aussenfläche der grauen Hintersäule und liegen nahe unterhalb der Pyramidenkreuzung lateralwärts von der mittleren Parthie der grauen Substanz des Rückenmarks. Mit der geschilderten, partiell geringen Entwicklung des Seitenstranges ist wohl das Zurücktreten der Pyramiden und der Hirnschenkelbasis beim Fötus, Neugeborenen und während des ersten Lebensjahres zu parallelisiren, wogegen die unteren Oliven vollkommen entwickelt sind. — Die Fasern der oberen Pyramidenkreuzung gelangen gekreuzt in die Seitenstränge, die der unteren manchmal in die Vorderstränge und zwar ungekreuzt (Flechsig, 1874).

In Betreff der *Hinterstränge* deutete Pierret (1873) die Fasern der medialen Abtheilung (Keilstrang) des Hinterstranges als longitudinale Commissurenfasern, deren längste von der Lumbal-Anschwellung bis zum Boden des vierten Ventrikels reichen. Sie sollen mit dem Respirationskern (S. 391. Fig. 235 *R*, S. 385) in Beziehung stehen, hingegen die Fasern der lateralen Abtheilung des Hinterstranges den hinteren Wurzelfasern angehören.

Medulla oblongata. Die ganze Pyramidenkreuzung wird als eine totale betrachtet; durch ihre mittleren Bündel gelangen Fasern aus den grauen Säulen des Rückenmarks, welche der Leitung von Schmerz-Empfindungen dienen (S. 405), in die Pyramidenstränge.

Oliven. Es sollen sowohl in der oberen, als in der unteren Olive Fasern des Lemniscus ihren Ursprung nehmen, und zwar in der letzteren solche vom oberflächlichen Schleifenblatt. Hiervon abgesehen passiren die Fasermassen der lateralen Abtheilung des Corpus restiforme (Corpus restiforme im engeren Sinne) als Fibrae transversales (S. 414) die Medulla oblongata quer durch die Raphe, strahlen von hinten her in die untere Olive der entgegengesetzten Seite. Andere Fasern treten aus dem Hilus der Olive nach hinten aus und gelangen als Fibrae transversales in die Funiculi cuneatus und gracilis. Ganz analoge Verhältnisse bietet die obere Olive. Von ihren Zellen sollen Fasern entspringen, die im Tegmentum nach aufwärts weiter gehen. Zur unteren Olive gelangen ausserdem Fibrae arciformes (externae), welche vor den Pyramiden verlaufen, zwischen der rechten und linken Pyramide die Raphe schräg nach rückwärts passiren, um in den vorderen Rand der entgegengesetzten unteren Olive einzutreten. Auf solche Art würde eine *vollständige Faserkreuzung* vermittelt werden: die Oliven wären Reflex-vermittelnde, resp. mit sensiblen und motorischen Nervenfasern, sowie mit dem Cerebellum in engster Beziehung stehende Apparate. Die Fasern der lateralen Abtheilung des Corpus restiforme würden dem entsprechend als sensibel aufzufassen sein, während die Fasern der medialen Abtheilung (Funiculus cuneatus und gracilis) mit den Fasern der letztgenannten beiden Rückenmarksstränge gar keine Verbindung haben. Im Gegentheil sollen diejenigen der medialen Abtheilung motorisch sein und in zerstreuten, den Fibrae transversales eingelagerten Ganglienzellen endigen. Die ältere, von Stilling herrührende Ansicht betrachtete umgekehrt die laterale Abtheilung des Corpus restiforme als motorisch, die mediale als sensibel. Die oben vorausgesetzte directe Fortsetzung der Funiculi cuneatus und gracilis in die mediale Abtheilung des Corpus restiforme ohne Unterbrechung durch Zellen wurde aber schon von Deiters (1865) bestritten.

Kleinhirn. Das *Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam* gelangt jederseits in den Hilus des Nucleus dentatus cerebelli, und von diesem Nucleus strahlen Fasern in die Kleinhirnrinde. Ausserdem scheinen seine Ganglienzellen mit Fasern der lateralen Abtheilung des Corpus restiforme in Verbindung zu stehen.

Die Fortsetzung des Crus cerebelli ad eminentiam quadrigeminam nach dem Grosshirn wurde bereits (S. 429) beschrieben. Als sie aufgedeckt wurde, nahm man davon Anlass (F. Arnold, s. S. 453), die Benennung des Crus in Crus ad cerebrum (früher Brachium conjunctivum, Bindearm) zu ändern. Heute liegt dazu kein Grund mehr vor, denn es gibt wenige Faserzüge im Centralorgan, die sich nicht mit dem Microscop weiter verfolgen liessen und mannigfaltiger verbänden, als es dem unbewaffneten Auge erscheint. Von dem Eindruck, den sie auf das letztere machen, sind aber meistentheils Bezeichnungen der Hirntheile hergenommen, die sämmtlich successive zu ändern sein werden, sobald ein *Verständniss* der anatomischen Formen erreicht ist.

Das *Crus cerebelli ad pontem* stellt mit dem der anderen Seite zumeist eine grosse Commissur der rechten und linken Kleinhirnhemisphäre dar. Ausserdem gehen in diese Crura Fasern aus den Pedunculi cerebri ein, vielleicht nachdem sie durch Zellen der grauen Brückenkerne (S. 422) unterbrochen worden sind.

Corpus restiforme. Seine laterale Abtheilung (s. oben: Oliven) sendet ihre Fasern am vorderen lateralen Rande und der oberen Fläche des Nucleus dentatus vorbei, radiär ausstrahlend, in die Kleinhirnrinde. Die Fasern der medialen Abtheilung gelangen grösstentheils in dieselbe Rinde; einige scheinen im Dachkern (S. 435) zu endigen. Ausserdem steht der letztere mit Faserzügen, die vom medialen Kern der vorderen Acusticuswurzel (S. 419. Fig. 244 *Nam*) herkommen, in Verbindung, und zwar theilweise mit dem Kern der entgegengesetzten Körperhälfte, da solche Fasern zwischen dem rechten und linken Dachkern die Medianebene überschreiten.

Was die Faserung des *Velum medullare anterius* anlangt, so scheint das tiefe Schleifenblatt (S. 431), wenn auch nicht constant, durch einige longitudinale Fasern desselben mit solchen des Vermis superior cerebelli und somit das Kleinhirn indirect mit dem Seitenstrange der Medulla in Verbindung zu stehen. — Die weisse Substanz des *Velum medullare posterius* verbindet die Flocken mit dem Nodulus.

Pedunculus cerebri. Die einfachste Vorstellung, welche man aus der Betrachtung mit blossem Auge ohne Präparation über die Gehirnfaserung erhält, ist von F. Arnold (Anatomie, 1851. Bd. II. S. 770) wie folgt präcisirt worden. Die Fasern der Corona radiata gehen von den Pedunculi cerebri aus. Letztere empfangen von allen drei Rückenmarksbündeln ihre Elemente und werden durch Fasern verstärkt, welche in grauer Substanz der Medulla oblongata, der Brücke, im Kleinhirn und in der Eminentia quadrigemina, in den Thalami optici und Corpora striata wurzeln. Indem sie die letztgenannten Grosshirnganglien passiren, entfalten sie sich ansehnlich verstärkt in continuirlichem Laufe bis zur Grosshirnrinde.

Früher wurde auf Grund einer genaueren macroscopischen Präparation (C. Krause, 1. Aufl. 1838, u. 2. Aufl. 1843, S. 1030) angenommen, man könne die Masse der longitudinalen, vom Rückenmark zum Gehirn aufsteigenden Fasern in drei Systeme: das der vorderen, der mittleren und der hinteren Stränge sondern.

Die *vorderen Stränge* der Medulla spinalis sollten als Pyramiden in die Basis der Pedunculi cerebri gelangen und von da als Corona radiata ausstrahlend den mittleren Theil der weissen Marksubstanz der Grosshirnhemisphären bilden.

Den *mittleren Strängen* wurden die Oliven, Schleifen und Hauben zugerechnet: ihr ganglöser Centralpunkt in der Eminentia quadrigemina gesucht.

Die *hinteren Stränge* liessen sich als Corpora restiformia in ihre Ausstrahlung als Arbor vitae cerebelli verfolgen.

Zunächst stellte sich heraus, dass die Hinterstränge des Rückenmarks keineswegs in die Corpora restiformia, sondern vielmehr in die Pyramiden übergehen. Aber auch die anscheinend an ihre Stelle getretenen Fasciculi cuneati und graciles setzen sich, was ihre Faserung anlangt, nicht direct in die Corpora restiformia fort, sondern, wie (S. 414) gesagt, scheinen die Fasern der betreffenden Nuclei in der Formatio reticularis sich zu verlieren. Wenn es nun auch feststeht, dass aus der Markmasse des Cerebellum stammende Fasern als Crura cerebelli ad eminentiam quadrigeminam, und zwar vermöge der Decussatio tegmentorum, *gekreuzt* in die Thalami einstrahlen (S. 430), so lässt sich doch über die Bedeutung dieser Fasermassen nichts Näheres aussagen.

Nach Kölliker (1850), dessen Angaben sich bereits auf microscopische Chromsäure-Präparate stützen dürften, sind in die Thalami ferner noch Haubenfasern, nämlich Fortsetzungen der Funiculi cuneati und graciles, der Seitenstränge, auch der Vorderstränge (sog. Funiculi teretes), zu verfolgen. Von den Fasern der Basis der Pedunculi cerebri wurde dagegen angenommen, dass sie wenigstens theilweise (alle, Kölliker, 1850) in dem als vorwiegend motorisch betrachteten Corpus striatum endigten, resp. daselbst von Ganglienzellen unterbrochen würden, um sodann in die Corona radiata überzugehen. Dasselbe sollte in Betreff der Haubenfasern für die als (vorwiegend) sensibel betrachteten Thalami gelten. Schon Solly (The human brain, 1836. S. 167 u. 227) hatte den Thalamus für ein sensibles, das Corpus striatum für ein motorisches Hirnganglion mit Bestimmtheit erklärt.

Meynert (1870) hat dagegen die Vorstellung präcisirt: die Bases der Pedunculi cerebri wären die Bahn zur Anregung von willkürlichen Bewegungen, die Hauben dagegen die Reflexbahn. Weder anatomische, noch physiologische Facta sind dafür beigebracht worden, und man könnte höchstens auf ihrer Natur nach dubiöse pathologische Beobachtungen recurriren wollen.

Jedenfalls lassen sich Faserbündel der Hirnschenkelbasis nach verschiedenen Ganglienmassen etc. hin verfolgen: als Ursprungsganglien werden bezeichnet: das Corpus striatum, der Nucleus lentiformis und die Substantia nigra.

Einige Fasern, die für motorisch gehalten werden, gehen in die Substantia nigra, aus welcher nach oben hin ein kleines Bündel sich der Corona radiata beimischt.

Viele Fasern gelangen vermittelst der Capsula interna längs des ganzen unteren Randes vom Corpus striatum in dessen Kopf und Cauda; sie setzen sich dann in die Corona radiata fort.

Ganz analog verhalten sich, indem sie die Capsula interna passiren, zahlreiche Bündel für den Nucleus lentiformis.

Auch gehen einige Faserbündel, die für sensibel gehalten werden, *direct* nach hinten umbiegend in die Stabkranzfaserung des Hinterhauptslappens über. Sie verlaufen am lateralen Seitenrande der Basis pedunculi cerebri und kreuzen sich in den oberen Pyramidenbündeln.

Ein bei Säugethieren constanter, beim Menschen meist verborgener *Tractus peduncularis transversus* (Gudden, 1870) kommt aus der Gegend des Colliculus anterior eminentiae quadrigeminae und umgreift den Pedunculus cerebri in der Gegend des Oculomotorius-Austritts.

Thalamus opticus. Die Ganglienzellen im Tuberculum anterius werden auch wohl oberer Kern jedes Thalamus genannt. In demselben endigt pinselförmig ausstrahlend die Radix adscendens fornicis, welche in dieser Gegend als *oberer Stiel* des Thalamus bezeichnet wird. Ausserdem hat der letztere einen vorderen und einen *unteren Stiel.* Die Bündel des unteren oder inneren (medialen) Stieles stammen aus der Rinde der Fossa Sylvii und des Schläfelappens: sie strahlen ebenfalls pinselförmig nach hinten und zum Theil lateralwärts sich biegend gegen die graue Substanz der medialen oberen Fläche des Sehhügels aus. Der *vordere Stiel* des Thalamus stammt aus dem Stirnlappen, bildet die Capsula interna grösstentheils und zerfasert sich divergirend in der Masse des lateralen Kernes vom Thalamus, trägt auch zur Herstellung des Stratum zonale an der freien Thalamus-Oberfläche bei.

An die vom Tuberculum posterius thalami mittelst der Corona radiata zur Grosshirnrinde ausstrahlenden Nervenfaserbündel schliesst sich nach Huguenin (Arch. f. Psychiatr., 1875, Bd. V., S. 341) die untere Faserschicht des Brachium conjunctivum posterius an. Dieselbe ist nur unvollständig von der oberen Faserschicht des genannten Brachium getrennt, welche die graue Substanz des Colliculus posterior der Eminentia quadrigemina mit dem Corpus geniculatum mediale verbindet.

Commissura cerebri posterior. Die meisten früheren Autoren hielten sie für eine Commissur der Thalami. Nach F. Arnold (Anat. 1851, II, S. 750) gehören ihre Fasern theils der bogenartigen Verbindung beider Schleifen an (Commissur der Schleifen, S. 431), theils verbinden sie die hinteren Abschnitte beider Thalami und den aus diesen hervorkommenden Abschnitt der Corona radiata beider Seiten. Ausserdem gehen Fasern in die Zirbelstiele und vermitteln den Zusammenhang des Conarium mit der Eminentia quadrigemina.

Meynert beschreibt die Commissur als Kreuzung der hinteren und vorderen Brachia conjunctiva der Vierhügel, welche nach der Kreuzung in die Haube übertreten; ausserdem vermittelt sie den Zusammenhang zwischen Conarium und den Ganglien der Nuclei pedunculi conarii.

Pawlowsky (1874) untersuchte den Menschen, Hund, das Schaf und Kaninchen. Die hintere Commissur besteht danach aus starken Nervenfasern, die vom Grosshirn zur Haube gehen. Sie haben vierfachen Ursprung:

1. Vom Conarium. 2. Vermittelst des vorderen Stieles des Thalamus aus dem Stirnlappen. 3. Durch den unteren Stiel aus dem Schläfelappen und der Gegend der Fossa Sylvii. 4. Wahrscheinlich auch aus dem Thalamus selbst. — Einige Fasern verlaufen innerhalb der Haube mit den Fasern des Lemniscus, andere liegen an deren medialer Seite. Eigentliche Commissurenfasern existiren nicht, und es würde richtiger sein, die Commissur als Tractus cruciatus tegmenti zu bezeichnen.

Corpus striatum. Die Fasern der Corona radiata, welche vom Streifenhügel ausstrahlen, gehen hauptsächlich in den Stirnlappen des Grosshirns über. Der Kopf jedes Corpus striatum jedoch soll durch die Stria cornea (S. 445) mit der Rinde des Schläfelappens in Verbindung stehen. Ueber die Verbindung mit dem Bulbus olfactorius s. letzteren (S. 456).

Wie beim Streifenhügel sind auch beim Nucleus lentiformis die in den Stirn- und Scheitellappen eingehenden Fasern der Corona radiata stärker entwickelt, als die nach hinten verlaufenden. — Um die obere Kante des genannten Nucleus herumbiegende Fasern setzen den ersteren mit der der Insel angehörigen Rinde in Verbindung und sollen für die Function der Sprache Bedeutung haben.

Einen eigenthümlichen Faserzug bildet die sog. *Linsenkernschlinge.* Sie soll vom Nucleus N. oculomotorii und Nucleus N. trochlearis der entgegengesetzten Seite stammen, in der Medianebene, nahe oberhalb dieser Kerne, sich mit der der anderen Seite durchkreuzen und am medialen Rande der Basis pedunculi cerebri nach vorn verlaufen. Dann gehen ihre Fasern nach oben in die senkrechten Markblätter des Nucleus lentiformis und schliesslich in die Corona radiata über. Es wird also behauptet, dass es sich um eine Bahn zweiter

Ordnung (S. 450) handele und die erwähnte Kreuzung wäre der vorderen Rückenmarks-Commissur homolog.

Stria cornea. Die weissen Faserzüge derselben stammen aus dem Caput corporis striati, verlaufen um das hintere Ende des Thalamus sich biegend, an der lateralen Wand des Cornu descendens bis zum Nucleus amygdalae. Sie sollen denselben dann durchsetzen, um in der Rinde an der Spitze des Schläfelappens zu endigen.

Das **Corpus callosum** stellt eine colossale Commissur der beiden Grosshirnhemisphären dar und wie bei allen Commissuren (S. 379) muss die Frage aufgeworfen werden, ob wirkliche Commissurenfasern von einer Körperhälfte zur anderen hinübergehen oder ob nur der Anschein von solchen durch Kreuzungen der mit den Balkenfasern aufs Mannigfaltigste sich durchflechtenden Ausstrahlungen der Corona radiata bewirkt wird: indem nämlich die Fortsetzungen des linken Pedunculus cerebri ganz oder theilweise in die rechte Grosshirnhälfte gelangen würden und vice versa. Beide Ansichten sind mehrfach vertreten worden; für die Annahme wirklicher Commissurenfasern haben sich besonders Arnold (1851) und auf Grund microscopischer Untersuchungen Oellacher (bei der Fledermaus), Meynert (1870) u. A. ausgesprochen. Nach Letzterem ist der Balken eine Commissur identischer Rindengebiete.

Tractus opticus. Von Einigen wurde die Corpora geniculata für Ursprungsganglien des N. opticus (der entgegengesetzten Körperhälfte, da im Chiasma opticum eine totale Durchkreuzung stattfindet) gehalten, die mit den Hirnnervenkernen in der Medulla oblongata correspondiren würden.

Jeder Tractus hat zwei Wurzeln: die *laterale* entspringt mit einer tieferen und oberflächlichen Schicht (Bd. II) vom Corpus geniculatum laterale, die *mediale* vom Corpus geniculatum mediale. Die letztgenannte Wurzel stammt nach Meynert vermöge des Brachium conjunctivum anterius theilweise vom vorderen Vierhügel; die laterale Wurzel dagegen mittelst des Brachium conjunctivum posterius vielleicht theilweise vom Colliculus eminentiae quadrigeminae posterior; wesentlich aber aus dem Thalamus opticus.

Die laterale Wurzel ist zu verfolgen: zum Stratum zonale des Thalamus opticus; ferner geht sie durch die Corona radiata Verbindungen mit der Grosshirnrinde ein, sowie durch den unteren Thalamusstiel mit der Rinde der Fossa Sylvii; ausserdem durch das Tuberculum anterius thalami und die Corona radiata mit der Rinde des Hinterhaupts- und Schläfelappens, sowie wahrscheinlich mit der Haube; endlich hängt die aus Schichten weisser und grauer Substanz bestehende Masse des Corpus geniculatum laterale vermöge der Corona radiata mit der Rinde des Hinterhauptlappens zusammen.

Die mediale Wurzel dagegen verbindet sich durch das Corpus geniculatum mediale resp. die Corona radiata mit der Rinde des Hinterhauptslappens und ausserdem mit der grauen Substanz des Colliculus anterius der Eminentia quadrigemina. Von der letztgenannten grauen Substanz aber führen Bahnen einerseits durch das Brachium conjunctivum anterius in den Stabkranz, andererseits durch das oberflächliche Schleifenblatt zum Vorder-Seitenstrange des Rückenmarks.

Hervorzuheben sind die genannten Verbindungen der Corpora geniculata mit der Corona radiata. Sie sollen nämlich die Annahme begründen helfen, dass in der Rinde in der Gegend des Sulcus hippocampi am hinteren Ende des Hinterhauptslappens eine Centralstelle für den Gesichtssinn zu suchen sei.

Eine complicirtere Darstellung des Faserverlaufs hat Huguenin (Arch. f. Psychiatrie, 1874, Bd. V, S. 189) gegeben. Oberflächliche das Tuberculum posterius thalami durchsetzende Bündel verlaufen durch das Corpus geniculatum laterale im Brachium conjunctivum anterius zum Colliculus eminentiae quadrigeminae anterior. Tiefer liegende Fasern endigen theils im Tuberculum posterius thalami, theils im Corpus geniculatum laterale oder gehen von letzterem zum vorderen Vierhügel. Ausserdem ist die mediale Wurzel vorhanden; beim Hunde und Pferde gehen ihre Bündel theils ganz oberflächlich direct zum vorderen Vierhügel, theils verbinden sie sich vorher mit dem Tuberculum posterius thalami, oder mit dem Corpus geniculatum laterale.

Meynert (Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben, 1870, Bd. II, S. 731) betrachtet die an den Tractus opticus resp. das Chiasma angrenzende Schicht des Tuber cinereum als *basales Opticusganglion*, aus welchem eine ungekreuzte Wurzel des N. opticus entspringen soll. J. Wagner (über den Ursprung der menschlichen Sehnervenfasern im Gehirn, 1863) lässt einzelne Opticusfasern aus den Ganglienzellen jener grauen Substanz entstehen und Henle (Nervenlehre, 1871, S. 250) ist derselben Meinung. Indessen hat schon Gudden (Arch. f. Ophthalmologie, 1874, Bd. XX) darauf hingewiesen, dass die letztgenannte Substanz mit dem Sehnerven selbst nichts zu thun hat (s. auch S. 437).

Die **Commissura cerebri anterior** stellt ein Riech-Chiasma dar, in welchem (1) directe Commissurenfasern zwischen beiden Grosshirnsphären; (2) die unten (S. Grosshirnhemisphären) erwähnten gekreuzten Fasern zum Hinterhaupts- und Schläfelappen enthalten

sind und welchem (3) direct aus dem Lobus olfactorius in das Corpus striatum derselben Seite gelangende Faserzüge hinzugerechnet werden. Diese (von Malacarne, 1791, etc., und) von Meynert herrührende Vorstellung (s. auch S. 438) stammt aus einer Zeit, als man noch nicht wusste, dass das Chiasma opticum mittelst totaler Durchkreuzung dieser beiden Nerven zu Stande kommt.

Bulbus olfactorius. Bei Säugethieren, wo sich schon macroscopisch ein Bulbus vom Lobus olfactorius (S. 447) unterscheiden lässt, werden folgende Verbindungen angegeben. Des *Bulbus olfactorius:* mit der Rinde des Gyrus uncinatus durch die laterale Wurzel des Tractus olfactorius; mit der Rinde des Stirntheils vom Gyrus cinguli durch die mediale Wurzel; mit dem Kopf des Corpus striatum durch die mittlere Wurzel des Tractus olfactorius.

Der *Lobus olfactorius* hängt zusammen: durch Fasern der Corona radiata mit dem Streifenhügel derselben Seite; durch die vordere Commissur (S. 438. S. 455) mit dem Lobus der entgegengesetzten Körperhälfte; mit dem Gyrus hippocampi, dem Claustrum und dem Stirntheil des Gyrus cinguli vermittelst der sog. medialen und lateralen Riechwindungen, d. h. kurzer Grosshirngyri, die bei Thieren vom hinteren Ende des Lobus olfactorius ausgehen.

Grosshirnhemisphären. Aus dem Hinterhauptslappen und Schläfelappen verlaufen mächtige Faserzüge, Sehstrahlungen, einestheils in die graue Masse des Thalamus opticus, speciell in die Corpora geniculata mediale und laterale und das Tuberculum posterius, anderntheils in den Thalamus selbst, wobei sie sich mit den am meisten lateralwärts in der Basis des Pedunculus cerebri verlaufenden Fasern mischen. Deutlicher bei Thieren (S. 438) als beim Menschen gelangen Faserbündel, die vom Lobus olfactorius herkommen, in die Commissura cerebri anterior (S. 455), durchsetzen dieselbe und gehen zum Hinterhaupts- und Schläfelappen der entgegengesetzten Körperhälfte. Analog verhalten sich die Tractus optici.

Auf dieser Grundlage werden Hinterhaupts- und Schläfelappen für sensibel gehalten, ebenso der Thalamus. In ersteren endigen Opticusfasern, Olfactoriusfasern und sensible Nervenfasern der Rückenmarksnerven, da die am meisten lateralwärts gelegenen Bündel der Basis pedunculi cerebri aus den für sensibel gehaltenen Hintersträngen des Rückenmarks abstammen.

Der Stirnlappen soll dagegen motorisch sein: mit Rücksicht auf denselben Character der Hirnschenkelbasis (S. 453). In dieser Hinsicht ist das physiologische Experiment (S. 442) herbeigezogen worden, während andererseits auf die Grössenverhältnisse der Ganglienzellen in der Grosshirnrinde Gewicht gelegt wird.

Das **Cornu Ammonis** jederseits hängt durch die Fimbria mit dem Fornix zusammen. Diejenigen Fasern des letzteren, welche hinter der Commissura cerebri anterior in den Bulbus fornicis hinabsteigen, gelangen als oberer Stiel des Thalamus zu den grauen Massen dieses Hirnganglions (s. jedoch S. 451). Ist in dieser Hinsicht das Cornu Ammonis den übrigen Hirnwindungen gleichzustellen, so repräsentirt der Fornix selbstverständlich ein rundliches Bündel der Corona radiata. Auch mit anderen Bezirken der Grosshirnrinde wird das Ammonshorn in Verbindung gesetzt: die weisse Fasermasse an der convexen Seite des Gyrus hippocampi hängt nämlich durch die Stria longitudinalis corporis callosi mit der Rinde der vorderen Parthien des Gyrus cinguli zusammen. Auch ein Homologon von Balkenfasern, welche identische Rindenbezirke unter einander verbinden sollen, fehlt dem Cornu Ammonis nicht: es sind die im Psalterium querverlaufenden Fasern so aufgefasst worden. Eine Beziehung des Ammonshorns zum Tractus olfactorius ist nicht nachzuweisen und das räthselhafte Gebilde erklärt sich einfach aus der Entwicklungsgeschichte als ein Gyrus an der colossal gewucherten verlängerten und umgerollten Spitze des Cornu descendens.

Beim Schlusse dieser Darstellung vom feineren Bau der nervösen Centralorgane sei es gestattet, auf die fragmentarische Beschaffenheit unserer Kenntnisse, sowie auf die ausserordentliche Wichtigkeit der Ausfüllung jeder kleinsten Lücke hinzuweisen. Vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte, diese niemals irrenden Wegweiser des forschenden Anatomen, lassen dem Grosshirn des Menschen gegenüber im Stich. Gleichwohl sind die technischen Methoden genugsam zugeschärft, und zum Beginn der gemeinsamen Arbeit muss nur noch eine unscheinbare Frage beantwortet werden: woran erkennt man bei irgend welchen Faserzügen, dass sie mit den Protoplasmafortsätzen benachbarter Ganglienzellengruppen in Verbindung stehen?

Bindegewebe des Gehirns.

Es verhält sich wesentlich wie im Rückenmark und werden hier nur die Differenzen aufgeführt.

Die Substantia gelatinosa centralis der Medulla spinalis entwickelt sich zu dem stärkeren *Ependym,* Ependyma, centrales Höhlengrau, der Gehirn-

Ventrikel. Die Bestandtheile bleiben dieselben: doch sind an manchen Stellen die verästelten glatten Fäden deutlicher, in welche die angewachsenen Enden der Epithelien des Centralkanals auslaufen. Die Zellen selbst tragen einen Besatz von sehr feinen 0,0003 dicken, 0,007 langen Flimmerhaaren. Bei Kindern und jungen Personen sind sie in lebhafter Bewegung, bei Greisen fehlt letztere und theilweise auch die Cilien selbst: die Zellen infiltriren sich mit Pigmentkörnchen. Bald nach dem Tode erlischt die Bewegung. Die Zellenkörper selbst sind im Aquaeductus Sylvii und unter dem Corpus callosum etwas länger, in den Seitenventrikeln, drittem und viertem Ventrikel eher kürzer als im Rückenmark: übrigens von der gleichen Dicke. Ihre Ausläufer ziehen sich namentlich im Aquaeduct auf lange Strecken durch die Substanz des Ependyms und hängen mit Ausläufern der Bindegewebszellen dieser Substanz zusammen.

Diese Flimmerzellen wurden von Purkyne und Valentin (1836) bei einem Hingerichteten entdeckt. Stilling (1856) wies im Rückenmark den Zusammenhang ihrer Ausläufer mit Zellen nach, hielt letztere aber für kleinste Ganglienzellen. Ferner sahen den Zusammenhang: Bidder und Kupffer (1857), sowie Clarke (1859) im Rückenmark; Gerlach (1858) im Aquaeduct; Owsjannikow (1860) und Walter (1861) im Lobus olfactorius (Säugethiere). — Mannigfach geformte, von Bergmann (1831) als sog. Chorden beschriebene Gebilde haben sich als durch Spiritus erzeugte Falten des Ependyms etc. herausgestellt.

In der g r a u e n S u b s t a n z, sowie im Ependym sind die Inoblasten an manchen Orten stärker entwickelt oder leichter zu isoliren, mit längeren Ausläufern versehen und zum Theil Spinnenzellen (S. 398).

Die fraglichen, auch wohl als Deiters'sche (1865) bezeichneten Zellen wurden von Gerlach (1858) aus dem Ependym des Aquaeductus Sylvii isolirt; die Spinnenzellen von Jastrowitz (S. 399) und Golgi (1870) entdeckt.

In der w e i s s e n S u b s t a n z (Fig. 254 *M*) sind die spindelförmig erscheinenden abgeplatteten und mit mehreren Ausläufern versehenen Inoblasten dem Faserverlauf parallel gestellt. In den Zwischenräumen der kleineren und stärkeren Bündel kommen hier und da zahlreichere reihenweise geordnete Körner vor, die sich von amöboiden Zellen resp. Lymphkörperchen durch ihre Ausläufer unterscheiden.

K ö r n e r f o r m a t i o n e n. An vielen Stellen der Centralorgane sind sog. Körner vorhanden, die eine sehr gemischte Gesellschaft bilden. Nach Ausscheidung (S. 154) der Stäbchen- und Zapfenkörner der Retina (sowie der inneren Deckzellen am N. acusticus S. 136. Fig. 79 *B*, *k*. S. 129) sind folgende Formen aus einander zu halten.

a. Körner der weissen Substanz: Opticuskörner (S. 175), Körner im Tractus und (Olfactoriuskörner) im Bulbus olfactorius (S. 447), und die eben erwähnten Körner im Grosshirn überhaupt, die namentlich in den Pedunculi cerebri und in der vierten Schicht der Grosshirnwindungen (S. 439) hervortreten. Alle diese Elemente scheinen bindegewebiger Natur und etwa den Neurilemkernen peripherischer Nervenfasern homolog zu sein. Sie finden sich zum Theil auch in derartigen Gegenden, wo Nervenfasern sich vielfach theilen (Geschmackskörner des N. glossopharyngeus, S. 188).

b. Unzweifelhafte kleine birn- oder pyramidenförmige mitunter pigmentirte Ganglienzellen sind die Körner des Ammonshorns (S. 444—446). Wahrscheinlich sind denselben homolog: die (inneren) Körner der Retina nach Abzug der zu den Radialfasern gehörenden Bindegewebskerne, die öfters dem Bindegewebe zugerechneten ebenfalls bi- oder tripolaren des Cerebellum (S. 434) und vielleicht manche einzeln verstreute Elemente in der grauen Substanz überhaupt.

Die Anlage des centralen Nervensystems bildet sich aus dem embryonalen Hornblatt, während seine Blutgefässe, wie die letzteren überhaupt, vom Mesoderm abstammen. In Betreff der Bindegewebszellen in der grauen und weissen Substanz sind zwei Annahmen möglich. Entweder gelangen sie mit den Blutgefässen in die vom Ectoderm gelieferte Anlage hinein, wofür der Umstand spricht, dass Inoblasten-Ausläufer unzweifelhaft mit Adven-



titialzellen der Blutgefässe (S. 462) im Gehirn zusammenhängen. Oder jene Bindegewebszellen sind ursprüngliche Form-Elemente des Hornblatts, die nicht zu Ganglienzellen werden. Die Inoblasten der Neuroglia würden danach eine ganz andere Bedeutung haben, als die des übrigen Bindegewebes, die Neuroglia könnte nicht als granulirtes Bindegewebe (S. 48) bezeichnet werden, sie würde eine besondere Characterisirung verdienen und sie ist deshalb in der That als Fulcrum (W. Müller, 1875) bezeichnet worden. Obgleich sich auch für diese Annahme der Zusammenhang von Epithelialzellen des Centralkanals (S. 381) resp. der Hirnventrikel (s. oben) mit Bindegewebselementen der Neuroglia anführen liesse, so ist sie doch wie es scheint hauptsächlich auf die vermeintliche Einlagerung von bindegewebigen Radialfasern zwischen die Stäbchen- und Zapfenkörner der Retina basirt worden, wobei jene Radialfasern in die Membrana reticularis retinae (S. 159) sich inseriren sollten. Da dieser Zusammenhang als ein nur scheinbarer sich herausgestellt hat (S. 165), so verdient wohl die andere Annahme den Vorzug: dass nämlich die zelligen Elemente der Neuroglia mit den Blutgefässen vom mittleren Keimblatt abstammen. Zudem erklären sich die chemischen Differenzen, welche granulirtes Bindegewebe vom gewöhnlichen unterscheiden, aus dem Gehalt des ersteren an zahllosen Nervenfibrillen (S. 375). Jedenfalls dürften die (sub *b*) erwähnten Körnerformationen nicht dem mittleren Keimblatt angehören.

Hüllen und Gefässe des Gehirns.

Häute.

Die **Dura mater** besteht aus zwei Lamellen. Die äussere, dickere repräsentirt das Periost der Schädelknochen und ist demjenigen im Wirbelkanal homolog. Seine Bindegewebsbündel werden aber durch grössere Interstitien gesondert, welche lockeres Bindegewebe und zahlreichere elastische Fasernetze enthalten. Die innere der Dura des Rückenmarks homologe Lamelle ist dünner, mehr strafffasrig, die Bündel dichter aneinander gedrängt, mit sparsameren elastischen Fasern. An manchen Stellen überkreuzen sich die Faserrichtungen beider Blätter. Die innere Oberfläche überzieht eine einfache Lage platter polygonaler kernhaltiger Endothelien, die sich auch auf die beiden Blättern angehörigen sichelförmigen und sonstigen Fortsätze der Dura erstrecken. In ähnlicher Weise wird die äussere rauhe Oberfläche der Dura, soweit sie dem Schädel locker angeheftet ist, von Endothelplatten überzogen, die auch jene Bindegewebsbündel einscheiden, welche die Verbindung mit dem Knochen vermitteln. Die grossen venösen Sinus verlaufen meistens zwischen beiden Blättern und es findet sich an diesen ein mehr gekreuzter Verlauf stärkerer Bindegewebsbündel.

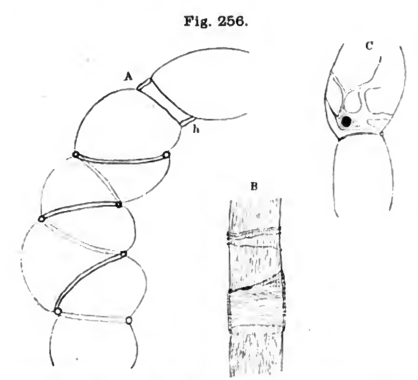
Entwicklungsgeschichtlich existirt kein Unterschied zwischen beiden Blättern der Dura: sie sind Beinhaut der Wirbel- und Deckknochen und haben mit der Anlage der Centralorgane selbst nichts zu thun. Letzterer gehören aber Pia und Arachnoidea an. Als verknöcherte Fortsätze der Dura sind die Cristae galli, frontalis, occipitalis interna und mitunter vorkommende knöcherne Kanten am Angulus superior des Felsenbeins zu betrachten.

Die **Pia mater** führt Blutgefässe und Lymphgefässe, welche in das Gehirn eintreten. Sie wird von undeutlich fasrigem Bindegewebe mit einzelnen Inoblastenkernen gebildet; nur an wenigen Stellen von netzförmig angeordneten Bündeln nebst elastischen Fasern. Auch findet man Pigmentzellen an der Gehirnbasis und Medulla oblongata, wie die am Halstheil des Rückenmarks (S. 400). Fortsetzungen der Pia sind die *Telae* und *Plexus chorioid. cerebri.* Beide bestehen aus mehr homogenem Bindegewebe mit sparsamen Kernen, wesentlich dagegen aus Blutgefässen, und werden an bestimmten Stellen von einschichtigem Epithel überkleidet. Nämlich die Plexus an ihren freien, in Form von Lappen, Kolben und Zotten erhobenen Rändern, die Telae an ihren den Gehirnventrikeln zugekehrten Oberflächen. Diese beim Embryo flimmernden Zellen sind abgeplattet, vieleckig, mit Ausläufern an der Basis versehen: sie enthalten einen runden abgeplatteten Kern mit einem Kernkörperchen, und entweder, was seltener der Fall ist, einen gelb gefärbten homogenen,

0,005 messenden Fetttropfen, der einem solchen in den Zellen des Retinalpigments (S. 154), homolog sein dürfte, oder gewöhnlich ein, zuweilen zwei Pigmentkörner: rundliche oder ellipsoidische gelbbräunliche granulirte Körper, die gegen Reagentien sich wie die Fetttropfen verhalten und von derselben Grösse sind. Am befestigten Ende hat jede Zelle mehrere kürzere, auch verästelte Ausläufer, während die homologen Flimmerzellen der Ventrikel nur einen längeren (S. 457) besitzen: es repräsentirt die Tela chorioidea superior das Dach des dritten, die inferior einen Theil der Decke der vierten Gehirnhöhle.

Mit der **Arachnoidea** hängt die Pia mater durch sehr zahlreiche Netze feinster, zum Theil microscopischer Fäden zusammen. Es sind mit umspinnenden Fasern (Fig. 256) versehene Bindegewebsbündel, über deren Bau das (S. 51) Bemerkte gilt. Manche, und namentlich die stärkeren Bündel, führen anstatt verästelter sternförmiger mit Ausläufern versehener Zellen (Fig. 256 *C*) zusammenhängende polygonale Endothelien an ihrer Oberfläche. Das gesammte Bindegewebe des Subarachnoidealraums ist eine stärkere Entwicklung des subserösen Bindegewebes anderer serösen Häute und Letzterem homolog.

Fig. 256.



Drei Bindegewebsbündel der Arachnoidea von der Gehirnbasis mit ihren Scheiden. V. 600. *A* ein Bündel frisch mit Essigsäure gequollen und die Scheide eingerissen, bei *h* ist sie ringförmig, im übrigen Theil des Bündels gleicht sie einer umwickelnden Spiralfaser. *B* nach Einlegen in 1 % Osmiumsäure. Die Scheide besteht aus elastischen Fasern, deren Querschnitte am Rande des Bündels als feine Punkte erscheinen. *C* mit Carmin und Essigsäure; eine sternförmige Zelle mit gefärbtem Kern liegt auf dem Bündel.

Die Lücken der beschriebenen Fäden füllt Cerebrospinalflüssigkeit, die im *Subarachnoidealraum* enthalten ist. Letzterer wird vom eigentlichen Arachnoideal- oder *Subduralraum* durch die Arachnoidea selbst gesondert, welche aus einigen Schichten sehr dünner netzförmig verflochtener Bindegewebsbündel mit elastischen Fasern besteht. Im Gegensatz zu der des Rückenmarks ist die Arachnoidea des Gehirns an manchen Stellen mit der Pia fest verwachsen, woselbst zugleich die Lücken zwischen ihren Bündeln kleiner werden und fehlen. Mit denselben Endothelien wie die Innenfläche der Dura ist auch die Spinnwebenhaut überkleidet und der zwischen beiden Lagen befindliche Subduralraum stellt mithin eine grosse Lymphspalte (S. 342) dar, so gut wie die Räume anderer seröser Säcke. Die Spalten des Subarachnoidealraums sind kleinere, zum Theil microscopische Lymphspalten und in viele, vermöge der erwähnten Verwachsungsstellen ziemlich abgeschlossene lymphatische Räume oder Lymphbahnen gesondert.

An der inneren Oberfläche der Arachnoidea ist gleichfalls eine jene Spalten nach aussen abgrenzende Endothelialbekleidung vorhanden. Sowohl Subarachnoidealraum als Subduralraum des Gehirns hängen am Foramen

magnum mit denjenigen des Rückenmarks zusammen; communiciren aber nirgends mit der Höhle des Centralkanals resp. den Gehirnventrikeln.

Während der Subduralraum in der Norm niemals, überhaupt nur höchst selten und sehr kleine Quantitäten von *Cerebrospinalflüssigkeit* (Arachnoidealflüssigkeit) führt, ist diese, soviel bekannt, im Subarachnoidealraum (Subarachnoidealflüssigkeit) und in den Gehirnventrikeln (Flüssigkeit der Hirnhöhlen) von gleicher Beschaffenheit: ein Eiweiss-armes Transsudat, das 98,6 % (Lassaigne, 1842) Wasser, äusserst sparsame Leukoblasten und einen Kupferoxyd etc. reducirenden Körper enthält, der kein Zucker zu sein scheint.

Die sog. Foramina Bichati und Magendii sind Kunstproducte. Ersteres sollte am hinteren Ende der V. cerebralis magna gelegen sein, woselbst in Wahrheit die Balken des subarachnoidealen Bindegewebes in die Venen-Adventitia sich fortsetzen; letzteres eine Spalte in der Tela chorioidea inferior darstellen. — Während das Lig. denticulatum (S. 401) von Endothel bekleidete Brücken zwischen Pia und Dura mater des Rückenmarks herstellt, sind die scheinbar homologen **Pacchioni'schen Granulationen**, Arachnoidealzotten, soweit sie nicht pathologisch, nichts als kolbige, bindegewebige, von Blutgefässen und elastischen Fasern freie Auswüchse der Arachnoidea, die nur sparsame Kerne enthalten. Die Oberfläche dieser zottenförmigen Gebilde ist lockerer: wird von platten Endothelien bedeckt, und die Zotten schauen oder wachsen in die Venenlumina, namentlich in den Sinus longitudinalis superior hinein.

Nach Key und Retzius (1870) füllen sich bei Einstich-Injectionen des Subarachnoidealraums die venösen Ausbuchtungen, in welchen die Zotten liegen. Bei der netzförmigen Beschaffenheit der Arachnoidea ist es nicht zu verwundern, wenn ihr freies Endothellager stärkerem Injectionsdrucke keinen Widerstand zu leisten vermag, und die supponirte Beziehung der Zotten zur Resorption von Cerebrospinalflüssigkeit in die Venen erscheint unbegründet. — Die Flimmerzellen des Ependym wurden von Purkyně (1836) entdeckt. Auch die Plexus flimmern bei den niederen Wirbelthieren (Leydig, 1854) und bei Säugethieren wenigstens bald nach der Geburt (Leydig, bei der Katze) und beim Fötus des Rindes (Valentin, 1846). — Sie enthalten öfters Hirnsandkugeln (S. 136).

Blutgefässe.

Zwischen der **Dura mater** des *Rückenmarks* und dem Periost des Wirbelkanals liegen grosse Venenplexus. Die Dura selbst ist gefässarm: ihre Capillaren beschränken sich auf das interstitielle Bindegewebe zwischen den parallelfasrigen Bündeln. — In der *Schädelhöhle* zeichnet sich das äussere Blatt durch reichhaltige Netze mit engeren und mehr rundlichen Maschen von zugleich weiten venösen Capillaren aus. Weitmaschiger, mit länglich polygonalen Netzen dem Faserverlauf folgend und auch aus feineren Röhren gebildet ist das Capillarnetz des inneren Blattes. Es gleicht einem Lymphcapillarnetz durch seine Anschwellungen an den Knotenpunkten und kann mit einem solchen verwechselt werden. Beide Netze communiciren mittelst senkrecht das letztgenannte Blatt durchbohrender Aeste und zwischen ihnen breiten sich die meist dichotomischen Verästelungen der Aa. meningeae, sowie aus letzteren hervorgehende weitmaschige Netze arterieller Capillaren aus.

Die *Arterien* der Dura stammen nämlich aus den Aa. meningeae anterior, media und poster., ferner von den Rr. meningei der Aa. stylomastoidea und pharyngea adscendens. — Ueber den Bau der *Sinus durae matris* s. Venensystem (S. 314).

Die **Pia mater**, nicht aber die Arachnoidea, besitzt eigene polygonale Capillarnetze. Dagegen finden sich nur sparsame Anastomosen arterieller Gefässe in der Pia (Duret, 1874), keine zusammenhängenden Netze. Wohl aber ist letzteres bei den unabhängig von den Arterien verlaufenden Venen der Fall. Sehr gefässreich sind die *Telae* und *Plexus chorioidei:* an letzteren werden die Zotten ihrer Oberfläche wesentlich von torquirten Capillargefässschlingen und Schlingenmaschennetzen eingenommen, welche die Gehirnhöhlenflüssigkeit absondern.

Der vordere Theil des Plexus chorioideus ventriculi tertii wird (aus der A. carotis) durch eine A. plexus chorioidei *anterior* (Duret, 1873) versorgt, eine *lateralis* geht jederseits in den Plexus des Seitenventrikels, eine *media* für den dritten Ventrikel zum Conarium und die Commissuren.

Gehirn. Die meisten Blutgefässe der Pia mater treten in das Gehirn ein, und die Anordnungen sind in wesentlichen Beziehungen mit denjenigen im Rückenmark übereinstimmend. Wie im letzteren ist die graue Substanz bei weitem an Capillarnetzen reicher als die weisse, und in ganz ähnlicher Weise dringen Arterien und Venen senkrecht zur Oberfläche in die Organe ein (Fig. 239, S. 400). An manchen Orten (z. B. Subst. perforatae) dicht gehäuft, verästeln sie sich in der Tiefe der weissen und grauen Substanz. Bevorzugt durch engmaschige Capillarnetze erscheinen tiefer gelegene Strata der letzteren: so im Kleinhirn die Ganglienzellen- und Körnerschicht im Gegensatz zur eigentlichen grauen Schicht; auch im Grosshirn wächst der Gefässreichthum in der Richtung gegen die weisse Substanz. Diese dagegen ist gefässarm, und wie im Rückenmark werden die Nervenbündel von Capillargefässen mit länglich-polygonalen Maschen umsponnen, deren Richtung dem Faserverlauf folgt. Dagegen verwischen sich die Unterschiede, wo graue und weisse Substanz innig gemengt sind, z. B. in der Brücke. — Die *Arterien* werden von einer stark erweiterten Adventitia umgeben (S. unten Lymphgefässe), ihre Media ist reich an quergestellten glatten Muskelfasern, die Intima durchbrochen und dünn. Die erstgenannte Haut

setzt sich auf die Capillaren fort. Das Mittelhirn, sowie die Thalami optici und Corpora striata, werden nach Heubner (1872) von Endarterien (S. 307) versorgt. — Von den *Venen* haben die feineren zuweilen einzelne Muskelfasern.

Medulla oblongata u. Pons. Wie am Rückenmark in die Fissura longitudinalis anterior dringen nach hinten verlaufende kleine *Arterien* zwischen die Kreuzungsbündel der Pyramiden, sich an den Theilungsstellen der genannten Spalte (Fig. 240, S. 404) in correspondirender Weise theilend. Jener Fissur ist auch der Sulcus basilaris pontis Varolii homolog und die A. basilaris ähnelt der A. spinalis anterior.

Nach Duret (1873) erhalten die Nervenwurzeln je eine kleine dichotomisch sich theilende Arterie, welche mit einem Aste den Nervenstamm in peripherischer Richtung begleitet, mit einem zweiten, dem Wurzelverlauf folgend, in das Mark eindringt. — Diejenigen von der A. spinalis anterior stammenden Aeste, welche horizontal durch die Fissura longitudinalis anterior verlaufen, versorgen die Nuclei der Nn. hypoglossus und accessorius; dagegen gelangen andere Zweige am unteren Rande des Pons zu den Kernen der Nn. vagus, glossopharyngeus und acusticus; endlich die erwähnten homologen Aeste der A. basilaris zu den Nuclei Nn. facialis, abducentis und oberhalb des oberen Brückenrandes zum Trochlearis- und Oculomotoriuskern. Die unteren Oliven nebst den Pyramidensträngen werden von Aestchen der Aa. spinalis anterior und vertebralis versorgt; die Corpora restiformia von der A. cerebelli inferior posterior. Die graue Substanz der ersteren zeichnet sich durch engmaschige polygonale Capillarnetze aus.

Venen. Als Fortsetzungen der Centralvenen des Rückenmarks (S. 400) sind kleine longitudinale Venenzweige zu bezeichnen, die beiderseits dicht neben der Medianlinie am Boden des vierten Ventrikels erscheinen (Fig. 242, 243, 245, 246 *Vc*). Deutlich ausgebildet in der Höhe des Hypoglossus- und Facialiskerns verlieren sie sich nach oben vermöge wiederholter Theilungen.

Eminentia quadrigemina. Auch in die Vierhügel dringen die Blutgefässe senkrecht auf deren Oberfläche ein. Eine A. eminentiae quadrigeminae media (Duret, 1873) stammt aus der A. profunda cerebri, verläuft in der Furche, versorgt die Colliculi anteriores; die posteriores erhalten jeder einen Ast aus der A. cerebelli superior.

Cerebellum. Die Anordnung der Gefässe ist derjenigen im Grosshirn (s. unten) homolog; in Betreff der Kleinhirnrinde wurde sie (S. 460) beispielsweise erwähnt; durch engmaschige polygonale Capillarnetze ist auch die graue Substanz des Nucleus cerebelli ausgezeichnet.

Ventriculus tertius. Die Gefässvertheilung in dessen Plexus chorioideus wurde bereits (S. 460) besprochen. Aus der concaven Seite der A. profunda cerebri entspringen *Aa. interpedunculares* für die Substantia perforata media, und die Substantia nigra der Pedunculi cerebri. — Der *Thalamus* erhält *Aa. thalami optici externae* zwischen den Corpora geniculata mediale und laterale, welche auch die genannten Corpora zu versorgen pflegen; ausserdem eine *A. thalami optici interna*, die den Sehhügel durchsetzt und sich an dessen Ventrikeloberfläche hinterwärts verbreitet. Viele kleine Aeste, *Aa. pedunculares* (laterales) dringen zwischen Pedunculus cerebri und Thalamus in die Tiefe; andere versorgen den Pedunculus selbst. — Das *Corpus striatum* ist reich an stärkeren Gefässen. Dieselben stammen aus der A. fossae Sylvii, doch dringen mitunter auch von der Ventrikeloberfläche; von der A. corporis callosi, und ebenfalls in den Nucleus lentiformis von letzterer aus Aestchen ein (Duret, 1873). Ueber der Capsula externa verläuft eine *A. corporis striati* nach vorn, welche in den grauen Kern ausstrahlt. Sowohl im Corpus striatum als im Thalamus verlaufen von den in der Axe sich erstreckenden Arterien deren Zweige radienartig nach innen und nach aussen (Duret, 1873).

Grosshirnrinde. Die Arterien, welche unabhängig von den Venen sich verbreiten, können in *Aa. medullares* und *Aa. corticales* (Duret, 1874) unterschieden werden. Erstere dringen in die weisse, letztere versorgen die graue Substanz, und es beginnen die Auflösungen in arterielle (ebenso der Zusammenfluss venöser) Capillaren vorzugsweise in der Gegend der vierten Schicht. Die erste und zweite Schicht der grauen Substanz erhalten viele arterielle und venöse Capillaren, die nicht tiefer eindringen, direct aus der Pia.

In der Richtung nach innen nimmt wie im Kleinhirn (S. 460) der Capillargefässreichthum zu: die oberflächlichsten Netze zeigen mehr viereckige, die tieferen unregelmässig-polygonale Maschen, dann folgen an der Grenze gegen die weisse Substanz grössere und mehr längliche Maschen, und die der letztgenannten Substanz sind 3 bis 4 mal länger als die der grauen (Duret, 1874). Das Claustrum und die Capsula externa werden ähnlich wie eine Grosshirnwindung versorgt (was für Meynert's Auffassung, S. 139, sprechen würde). Auch das Cornu Ammonis erhält eine aus der A. profunda cerebri stammende Arterie, welche zwischen ersterem und Calcar avis hindurchgeht. — Von einer Endarterie aus der A. chorioidea wird nach Heubner (1872) die Hakenwindung versorgt. — S. auch Bd. II.

Lymphgefässe.

Die **Dura mater** hat ein System von Saftkanälchen und Lymphcapillaren, welche letztere die Blutcapillaren begleiten und in deren Adventitia gelegen sind. Ausserdem

kommen auch unabhängige Lymphcapillarnetze und Stomata im Endothel der Dura vor, wodurch eine Communication mit dem Subduralraum hergestellt wird (Paschkewicz, 1872). Mit Endothel ausgekleidete communicirende Spalten im äusseren Blatt werden ebenfalls als Lymphspalten zu betrachten sein (Michel, 1872).

Die **Pia mater** besitzt ein mächtig entwickeltes gröberes und feineres Netz von Lymphcapillaren und Lymphgefässtämmchen (Fig. 257). Sie durchziehen die Hohlräume des Subarachnoidealraums, während die äussere Grenzschicht der Arachnoidea keine eigenen Lymphgefässe führt und communiciren mit denjenigen Lymphbahnen, welche die Blutgefässe des Hirns begleiten.

Fig. 257.



Lymphgefässstämmchen und feines Netz in der Pia mater der Grosshirnhemisphären, mit Leim und Chlorsilber injicirt. V. 12.

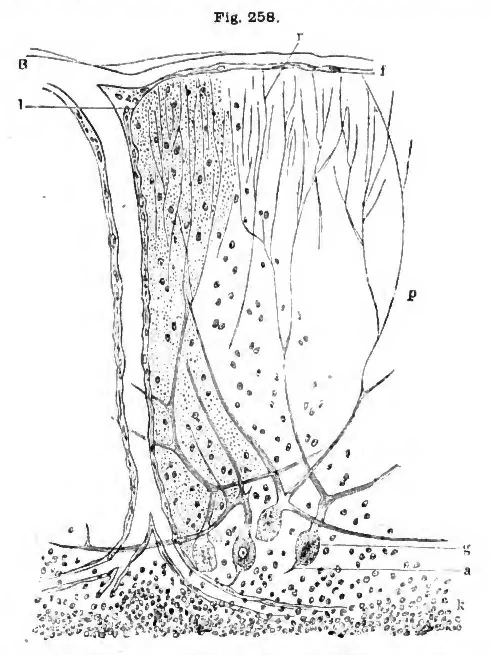
Lymphgefässe des Gehirns und Rückenmarks. Indem sich die Arterien und Venen an der Oberfläche des Gehirns und Rückenmarks in die Rinde dieser Organe einsenken, werden sie überall von trichterförmigen Einscheidungen begleitet, welche ihre Adventitia liefert. Dieselben setzen sich über die Capillaren fort und so entsteht ein überall communicirendes System von hohlcylindrischen, stellenweise erweiterten Lymphräumen. In denselben werden selten vereinzelte Lymphkörperchen und gewöhnlich aus den Epithelien ausgetretene Eiweisstropfen angetroffen. Zwischen der mittleren Arterienhaut resp. der Intima stärkerer Blutgefässe einerseits und der Adventitia andererseits findet ein Zusammenhang nur durch sparsame, sehr schräg verlaufende Bindegewebsfasern der Adventitia statt, welche letztere mit sternförmigen, öfters gelblich oder durch Fettkörnchen infiltrirten kernhaltigen Inoblastenkörpern ausgestattet ist. Werden die Blutgefässe an Macerationspräparaten isolirt, so erscheint die Aussenwand der Adventitia scharfrandig und glatt: ebenso wenn Stücke der Centralorgane auf Schnittpräparaten untersucht werden, die ihr natürliches Volumen behalten haben (Osmiumsäure [Fig. 258]; Gefrierenlassen des frischen Gehirns; Liquor conservativus mit nachträglicher Färbung der Adventitia durch Hämatoxylin). Die lymphatischen Spalten erscheinen meist sehr eng, mitunter erweitert und mit Serum gefüllt, was von der Todesart abhängt und enthalten zuweilen einzelne Lymphkörperchen. Sie communiciren an der convexen Oberfläche, wie gesagt, mit den Lymphgefässen der Pia selbst, resp. des Subarachnoidealraums.

Wird dagegen Härtung mit gleichzeitiger Wasserentziehung (Chromsäure, Alkohol) angewendet, so zieht die schrumpfende Neuroglia sich von den Gefässwänden resp. der Pia selbst zurück. Es entstehen helle Hohlräume, die innerhalb der Hirnrinde von solchen Ausläufern der bindegewebigen Neuroglia durchzogen werden, die mit der Adventitia zusammenhängen. Zugleich stellen sich dieselben senkrecht zur Längsaxe der Blutgefässe (Fig. 259, S. 464).

Von den wirklichen lymphatischen Räumen sind die durch Härtung entstandenen mithin durch die äussere Wand der Adventitia getrennt. An Chromsäure-Präparaten werden zuweilen beide gleichzeitig sichtbar.

Die Kunstproducte wurden als perivasculäre Räume, Epicerebralraum und Epispinalraum, bezeichnet und erstere bereits von Robin (1859) beschrieben. Die richtige (von Arndt, 1874, und Riedel, 1875, noch bestrittene) Deutung gab Boll (1873), während Key und Retzius (1872) die trichterförmigen Einsenkungen (Fig. 258)

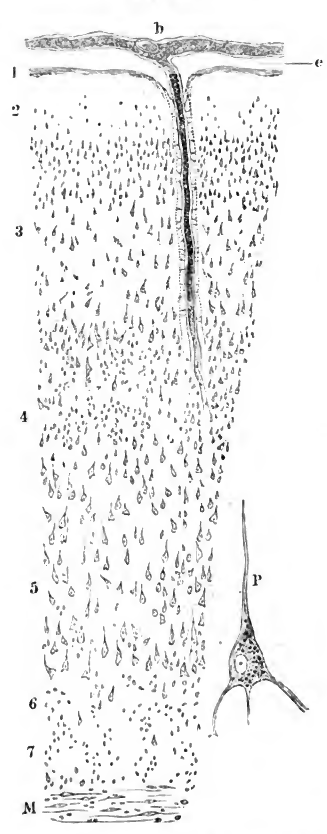
Fig. 258.



Senkrechter Durchschnitt der Kleinhirnrinde quer auf die Richtung der Windungen; aus einer Furche. Nach 12stündigem Einlegen in 0,1% Osmiumsäure. V. 600/160. *B* Blutgefäss. *l* Adventitia desselben. *f* Grenzmembran auf dem Durchschnitt. *r* bindegewebige Radialfasern. *g* Ganglienzellen. *a* Axencylinderfortsatz. *p* Protoplasmafortsatz. *k* Körnerschicht.

der Lymphscheiden in das Gehirn etc. beschrieben hatten. Ganz analoge, durch Schrumpfung des Ganglienzellenkörpers entstandene Kunstproducte sind leere helle Räume, die wie halbe oder ganze Kugelschalen jede grössere Ganglienzelle umgeben und als pericelluläre Lymphräume aufgefasst wurden. — Riedel (1875) sah Lymphcapillaren (im nicht injicirten Zustande), die Adventitialräume benachbarter Blutcapillaren in der Grosshirnrinde (und ebenso im Rückenmark und in der Retina) verbinden. — *Lymphbahnen der grauen Substanz* selbst sind von Obersteiner (1870) als die erwähnten pericellulären Räume, welche die Ganglienzellen kugelschalenförmig umgeben sollen, beschrieben worden. Diese Kunstproducte entstehen zugleich mit den perivasculären Räumen und auf dieselbe Art (Boll, 1873). Ausserdem beschrieben v. Recklinghausen mit Popoff (1875) die Aufnahme farbiger Partikel in das Protoplasma von Ganglienzellen der Grosshirnrinde beim lebenden Säugethiere. Man kann in Wasser aufgeschwemmte und filtrirte Tusche durch Einstich in die Hirnsubstanz bringen und 24 Stunden später mit Leichtigkeit nachweisen (W. Krause), dass die schwarzen Körnchen wirklich im Innern der fraglichen Zellen gelegen sind. Denn sonst müssten die Ränder der Zellen dunkler infiltrirt sich projiciren als deren Flächenansichten, was nicht der Fall ist. Dagegen sind die a. a. O. beschriebenen Zellen ohne Zweifel keine Ganglienzellen gewesen. Man trifft sie am Cornu Ammonis des Kaninchens zahlreich in dessen weisser Substanz, wo sie spindelförmige Gestalt anzunehmen pflegen, ferner im Ependym, im Conarium und den Plexus chorioidei: es handelt sich um mit Farbstoff beladene, zufolge der beginnenden Encephalitis ausgewanderte, weisse Blutkörperchen (resp. Körnchenzellen). Trotzdem ist es möglich, dass bei jungen Thieren auch einzelne wirkliche Ganglienzellen unter solchen Umständen infiltrirt werden, was zu den (S. 374) gezogenen Folgerungen berechtigen würde. — Mitunter erhält man auch unvollständige netzförmige Injectionen von Lymphcapillaren im *Ependym*, wenn man in die Seitenventrikel eingespritzt hat.

Fig. 259.



Grosshirnrinde nach Behandlung mit H. Müller'scher Flüssigkeit und Alkohol. Senkrechter Durchschnitt vom Abhange eines Gyrus quer auf die Längsrichtung des letzteren. Carmin, Wasser, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 300/50. *b* Blutgefäss in einen perivasculären Raum sich einsenkend, der mit dem sog. Epicerebralraum *c* communicirt. Die Abgangsstelle eines durch den Schnitt entfernten Astes des Gefässes zeigt ein ovales Lumen. *1* Randschicht. *2* Zellenarme Schicht. *3* Kleinere Pyramiden. *4* Gegend des äusseren weissen Plexus. *5* Grössere Pyramiden. *6* Gegend des inneren weissen Plexus. *7* Schicht der kleinen Zellen. *M* Weisse Marksubstanz. — *P* Isolirte grosse Pyramidenzelle aus dem Stirnlappen. Frisch in 0,01 % Chromsäure. V. 600/140.

Die Lymphgefässe der *Pia mater* injicirte bereits Fohmann (1840).

Der *Abfluss der Lymphe* erfolgt durch Stämmchen, welche mit den Arterien und Venen die Schädel- und Rückgrats-Höhlen verlassen. Directe Communicationen des Subarachnoidealraums mit Venen, wie sie z. B. an der dünnhäutigen V. jugularis interna im Foramen jugulare des Kaninchens leicht erzeugt werden können, sind Kunstproducte (W. Krause, Prag. Vierteljahrsschr., 1870). Der Uebertritt von Cerebrospinalflüssigkeit aus dem Subduralraum in die Lymphgefässe der Dura mater, soweit solcher stattfindet, erfolgt ohne Zweifel vermittelst Saftkanälchen und Stomata, wie an anderen serösen Häuten. Der Uebertritt von Lymphe aus der Gehirnsubstanz in Lymphgefässe der Pia mater, welche im nicht gefüllten Zustande als die beschriebenen mit Endothel ausgekleideten Bahnen (S. 459) des Subarachnoidealraums erscheinen und mit dessen Cerebrospinalflüssigkeit gefüllt sind, geschieht durch die in der Adventitia der Blutgefässe enthaltenen Lymphräume. Dass die Cerebrospinalflüssigkeit weniger feste Bestandtheile enthält als Körperlymphe, erklärt sich daraus, dass erstere noch keine Lymphdrüsen passirt hat und entspricht dem Verhalten ähnlicher Transsudate (S. 360). Endlich die Flüssigkeit der Gehirnhöhlen erscheint völlig für sich abgeschlossen, da sie überall mit dem Epithel des embryonalen Medullarrohres in Berührung steht und so wie sie von den Plexus chorioidei ausgeschieden wird, mag sie auch theilweise von den die ersteren umgebenden Lymphbahnen wieder resorbirt werden.

In den Subarachnoidealraum injicirte Massen passiren die Gl. lymph. cervicales super. und submaxillares (Schwalbe, 1869; Quincke, 1872), auch die Gl. lumbales (Schwalbe). Nach letzterem Autor steht beim Kaninchen der subdurale Raum mit der Perilymphe des Labyrinths, den Lymphgefässen der Nasenschleimhaut und den Gl. lymphaticae cervic. profundae in Verbindung.

Nerven.

Dura mater. Eigene Nerven kommen nur der Dura zu und sind den Knochen- resp. Periostnerven (S. 71) gleichwerthig; ausserdem sind Gefässnerven vorhanden. Die ersteren stammen aus dem N. tentorii cerebelli, den Plexus meningei medius resp. posterior, den Gangl. jugulare (für den Sinus occipitalis) und cervicale supremum (sog. R. meningeus N. hypoglossi) und am Rückenmark aus den homologen Nn. sinuvertebrales (Bd. II). Ihrer Beschaffenheit nach sind sie sämmtlich Gefässnerven (S. symphat. Nervensystem); auch der N. tentorius cerebelli verästelt sich an den Sinus und die Endigung ihrer grösstentheils doppeltcontourirten zugleich sensiblen Fasern geschieht wahrscheinlich mittelst Vater'scher Körperchen.

Wenigstens liegen solche unter der Dura neben dem N. petrosus superficialis minor (W. Krause, 1866) und stehen mit Nervenfasern in Verbindung, die aus dem Ganglion geniculi kommen. Da die Dura mater im Uebrigen von Aesten des Trigeminus

versorgt wird, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass es aus dem zweiten Aste stammende Fasern sind, welche das Ganglion sphenopalatinum durchsetzen, im N. petrosus superficialis major zum Ganglion geniculi gelangen, um dann in ihre peripherische Bahn einzulenken. Wenn an den Sinus der Dura befindliche Vater'sche Körperchen in Folge von Hyperämieen gedrückt oder gezerrt werden, dürften sie die gewöhnlich als Kopfschmerz bezeichnete Gemeingefühlsempfindung bewirken. — Nach Pappenheim (1840) gehen Aeste von den Nn. vagus und glossopharyngeus, welche den Nn. sinuvertebrales (S. 401) homolog sein würden, an die Sinus basilares.

In der Dura mater des *Rückenmarks* sind Gefässnerven von Rüdinger (1863), eigene Nerven von Alexander (1875) constatirt worden. Ueber ihre Endigungen s. zweifelhafte Nerven-Endigungen.

Die **Arachnoidea** besitzt keine Nerven, dagegen die **Pia mater** stark entwickelte Gefässnervenplexus. Sie begleiten besonders die Arterien, dringen mit diesen in die Substanz der Centralorgane und sind innerhalb der letzteren zu verfolgen: namentlich in den queren Septa der weissen Rückenmarksstränge. Ihre Fasern führen kernhaltiges Neurilem, auch wenn sie marklos sind und hierdurch unterscheiden sie sich von den innerhalb derselben Septa verlaufenden Nervenfibrillen und Nervenfasern, die aus der grauen in die weisse Substanz übertreten (S. 399) oder den Nervenwurzeln angehören. Die von Purkyňe (1838) entdeckten Gefässnerven der Pia stammen von den betreffenden, die Arterien begleitenden Geflechten: ob von Hirnnerven wie die homologen Zweige aus den hinteren Rückenmarkswurzeln, ist nicht sichergestellt. In den Plexus chorioidei sind keine Nerven nachgewiesen; wohl aber einzelne Fasern an der V. cerebralis magna und reichhaltige Verbreitung stärkerer doppeltcontourirter, von kernhaltigem Neurilem umgebener Fasern in der Tela chorioidea inferior. Dieselben sind nicht zu verwechseln mit Zügen varicöser Fasern, die den *Ligulae* angehören, den Fibrae arciformes der Medulla oblongata und besonders den Corpora restiformia entstammen und deren Existenz sich aus dem Umstande erklärt, dass die Tela chorioidea inferior einen verkümmerten Theil der ursprünglich dem embryonalen Medullarrohr angehörenden Decke des vierten Ventrikels bildet. Auch in dem an die Pedunculi flocculorum angehefteten lateralen Theile der genannten Tela kommen ähnliche platte Faserzüge (sog. Velum medullare inferius) vor, sowie seltener solche vom Obex ausstrahlen, welche sämmtlich die gleiche entwicklungsgeschichtliche Bedeutung haben. Uebrigens verlaufen mit Neurilem ausgestatteten Nervenfasern nicht nur im unteren Theile dieser Tela, sondern auch in der Pia mater des Rückenmarks, deren Verlauf sich nicht an die Gefässe bindet. Ueber den Ursprung der Ligula siehe Nucleus ambiguus (S. 412).

Peripherisches Nervensystem.

Der *peripherische Theil des Nervensystems* enthält Nerven und Nervenknoten oder Ganglien, welche man, zum Unterschiede von den Hirnganglien, peripherische Ganglien nennt, und zerfällt (S. 362) in drei Abtheilungen: die Hirn-Rückenmarksnerven, Nervi cerebro-spinales, das Gangliensystem, Systema gangliosum, und die Nerven-Endigungen.

Hirn- und Rückenmarksnerven.

Die *Nervi cerebro-spinales* sind weisse, weiche, dünnere und dickere Stränge, aus Nervenfasern und -Bündeln bestehend, welche regelmässig und symmetrisch in der rechten und linken Körperhälfte vertheilt sind.

Die Nervenfasern laufen von ihrem Ursprunge aus den Centralorganen nach den peripherischen Körpertheilen, wo sie endigen, ohne unter einander Anastomosen einzugehen. Sie bilden dünne und dickere Bündel, indem sie parallel oder schräg durchkreuzt und verschlungen sich an einander legen: und setzen auf dieselbe Weise, je nach der verschiedenen Anzahl der Fäden und Bündel, dünnere oder dickere Nerven zusammen. Die Bündel verlaufen im Allgemeinen geradlinig, sind aber selbst nach vollständiger Auflösung des Nerven durch Präpariren nur über wenige Millimeter zu verfolgen, weil sie dann Fasern mit benachbarten Nerven austauschen: *anastomosiren* (S. unten, Plexus). Zugleich sind die Bündel in — der Regel nach sehr langgezogenen — Spiralen torquirt: sie behalten ihre ursprüngliche Lagerung im Nervenstamm nur auf vergleichsweise kurzen Strecken bei.

Man zählt 43 *Paare* solcher Hirn-Rückenmarksnerven, und unterscheidet an jedem derselben den Stamm, das Centralende, und das peripherische Ende. Der Stamm ist der dickere, meistens kurze, ungetheilte Strang, welcher in der Nähe des Centralorgans liegt. An einigen derselben findet man einen Nervenknoten, ein sog. *Stammganglion.* — Das eine Ende des Stammes steht mit dem Gehirn oder dem Rückenmark in unmittelbarer Verbindung, und wird daher das *Centralende* oder die *Wurzel* des Nerven genannt, indem man diese Nerven als vom Centralorgane entspringend zu betrachten hat. Jede solche Wurzel liegt mehr oder weniger tief in dem Gehirn oder Rückenmark verborgen und entspringt aus der grauen Substanz; erstere besteht meistens aus mehreren Bündeln, welche, so weit sie ausserhalb der Masse des Centralorgans, innerhalb der Schädel- oder Rückgratshöhle frei liegen und bevor sie in den Stamm übergehen, noch von den Hirnhäuten umgeben werden. Ohne Rücksicht auf die Zahl der Bündel, nennt man die Wurzel einfach, wenn alle ihre Bündel mit einem und demselben Theile des Centralorgans in Verbindung stehen; doppelt aber, wenn sie an zwei verschiedenen Theilen, z. B. den vorderen und den hinteren Strängen des Rückenmarks, ihren Anfang nimmt (S. 387. S. 389). Auch an den Wurzeln findet man oft Knoten, *Wurzelganglien*, und zwar an den freien Strecken derselben ausserhalb des Centralorgans; durch diese gehen entweder sämmtliche Bündel einer Wurzel oder nur ein einzelnes oder einige derselben.

Nach der Peripherie spaltet der Nervenstamm in der Regel sich in grössere Aeste, die in immer kleinere Zweige sich theilen. Jedes Bündel erhält seine eigene, aus Bindegewebe gebildete röhrenförmige Scheide, durch welche es isolirt, aber zugleich mit den nächstbenachbarten zusammengeklebt wird: in den dickeren Bündeln bildet überdies die röhrenförmige Scheide platte, gegen den Mittelpunkt gerichtete Scheidewände. Schon in den Stämmen liegen die Aeste, und in den Aesten die kleineren Zweige, deutlich von einander getrennt, jeder von seinem eigenen Perineurium umgeben, obgleich noch in dem äusseren Perineurium des Stammes oder der grösseren Aeste eingeschlossen. Bei der Trennung der Aeste vom Stamme nehmen sie ihre besondere Hülle, die bis dahin von der Nervenscheide des Stammes mit umschlossen wurde, als eigenes Perineurium mit, welches nunmehr verhältnissmässig dicker wird: daher die Aeste eines Stammes zusammengenommen diesen an Dicke übertreffen, obgleich sie nicht eine grössere Anzahl von Nervenfasern enthalten, als der Stamm bereits einschloss. Gemeiniglich laufen die Aeste in der kürzesten Richtung zu den Organen hin, von lockerem Bindegewebe umgeben und leicht geschlängelt, so dass sie bei den Bewegungen nicht gezerrt werden können: seltener machen sie Biegungen und Umwege. Häufig vereinigen sich Aeste zweier benachbarter Nerven mit einander oder mit einem Stamme: diese Vereinigung, *Nervenschlinge* oder *Ansa* genannt, geschieht meistens unter einem spitzen Winkel, zuweilen auch bogenförmig. Indessen findet in einer solchen Ansa niemals eine wirkliche Verschmelzung, sondern nur eine Aneinanderlegung einzelner oder zu Fäden und Bündeln vereinigter Fasern statt, welche nunmehr eine gewisse Strecke lang in einem gemeinschaftlichen Perineurium laufen und alsdann sich oft wieder von einander trennen: hiedurch erfolgt oft, jedoch nicht immer, eine Verstärkung des einen Nerven durch Aufnahme von Fasern des anderen, oder ein gegenseitiger Austausch von Fasern, deren Continuität und Isolation dadurch nicht unterbrochen wird. Eine netzähnliche Verbindung mehrerer Nervenäste vermittelst mehrerer Ansae wird ein *Nervengeflecht*, *Plexus nervosus*, genannt. Sowohl aus einer Ansa als aus einem Plexus können untergeordnete von Neuem in Aeste sich theilende Nerven erwachsen, die alsdann zwei oder mehreren verschiedenen Nervenpaaren ihre Entstehung verdanken: und einzelne Fasern, die ursprünglich Bestandtheile eines gewissen Nervenstammes waren, können im weiteren Verlaufe in einen Ast eines ganz anderen Nerven und somit zu Organen gelangen, zu welchen jener Nervenstamm nicht unmittelbar seine Direction nimmt.

Es kommt nicht selten vor, dass kleinere Nerven oder Zweige scheinbar fehlen, insofern an ihrer Stelle ein länglicher Plexus vorhanden ist. In physiologischer Hinsicht ändert dies Verhalten gar nichts, weil alle Nervenstämme selbst, wie schon aus obiger Beschreibung (S. 466) hervorgeht, in Wahrheit sehr langgestreckte Plexus darstellen (W. Krause, 1865), in denen die Faserbündel sich unter äusserst kleinen Winkeln vereinigen, während letztere in den eigentlich als solche benannten Plexus grösser sind.

Die peripherischen Nervenstämme sind also nur Bahnen, in welchen Nervenfasern sehr verschiedenen Ursprungs und sehr verschiedener Endigung eine grössere oder kürzere Strecke weit verlaufen, um dann seitwärts den Stamm zu verlassen. Es kann daher ein bestimmter Nerv nahe seinem Ende Fasern von ganz anderer physiologischer Bedeutung enthalten als an seinem Ursprunge. Am meisten tritt dies an einzelnen Hirnnerven, z. B. dem N. vagus hervor.

Aus dem Gesagten erklärt sich sofort, wie durch die Plexus eine Umlagerung und Faseraustausch verschiedener Nervenstämme zu Stande kommt.

Damit ist zugleich die Bedeutung von Varietäten der Nerven oder ihres Verlaufs ins Licht gestellt, die in der That nur dadurch zu Stande kommen, dass die wie gewöhnlich entspringenden und endigenden Nerven auf ungewöhnlichen Wegen oder vielmehr Umwegen nach der Peripherie gelangen (Bd. II). — Isolirte Bündel können, indem sie sich einem anderen Stamme oder Aste anschliessen, sogar eine Strecke weit rückläufig werden, was dann zu der irrthümlichen Annahme Veranlassung gegeben hat, als wenn Nervenfasern in das Centralorgan zurückkehrten, ohne irgend eine peripherische Endigung erreicht zu haben (sog. endlose Nerven).

Wie innerhalb der Centralorgane die Commissuren, so kommen auch an der Peripherie Anastomosen von Nervenzweigen in der Medianebene vor. An ungewöhnlich nervenreichen Stellen (N. nasopalatinus, Zunge, Glans penis et clitoridis) sind sie mit dem Messer darstellbar, für gewöhnlich aber nur microscopisch. Es ist unzweifelhaft, dass auch diese Anastomosen zu den geschilderten Umwegen gehören, so dass jede Nervenfaser (mit Ausnahme des N. opticus, S. 448) auf derjenigen Körperseite endigt, auf welcher sie das Centralorgan verlassen hat (von den asymmetrischen Eingeweiden natürlich abgesehen).

Als *Nervenstämmchen* werden die letzten eben noch mit freiem Auge sichtbaren Aestchen an der Peripherie bezeichnet, deren Verlauf sowie die Bildung microscopischer Plexus bei den Nerven-Endigungen erörtert wird. Solche sehr feine Aestchen, die für die descriptive Anatomie aus irgend einem Grunde von Bedeutung sind, pflegt man *Nervuli*, Nervchen, Nervenfäden, zu nennen.

Die Nerven oder *Nervenstämme* führen ausser doppeltcontourirten noch sparsame blasse kernführende Fasern, die sich wie im sympathischen Nervensystem (S. letzteres) verhalten und zu den Blutgefässen gehen.

Der Elasticitätscoëfficient der Nervenstämme incl. ihres Perineurium beträgt 1,09; ihr spec. Gewicht 1,0314—1,0337.

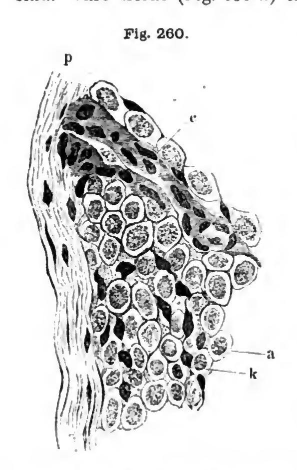
Dichotomische Theilungen von Nervenfasern sah Stannius (1849) in den Stämmen der Augenmuskelnerven von Knochenfischen.

Das die Nerven einhüllende und durchziehende Bindegewebe wird **Perineurium,** Nervenscheide, Neurilem der Nerven, genannt, und ist nicht zu verwechseln mit dem Neurilem (S. 368) der einzelnen Nervenfaser selbst. Ersteres sondert die Nervenfasern der Stämme in *primäre, secundäre* und *tertiäre Bündel,* von welchen die secundären am schärfsten begrenzt erscheinen. Sie sind gewöhnlich cylindrisch, während sowohl die grösseren tertiären Bündel als die ganzen Stämme häufig abgeplattet sich zeigen; die kleinen primären Bündel, von welchen die secundären (wie die tertiären von den secundären) zusammengesetzt werden, aber meist drei- oder mehrseitig prismatisch auftreten.

Das *Perineurium der secundären Bündel,* Perineurium schlichtweg, inneres Neurilem der Stämme, ist es, welches hauptsächlich den Nervenstämmen ihre grosse, aber unvollkommene Elasticität verleiht, die sich in Verkürzung und stumpfwinklige Knickung nach der Herausnahme aus dem Körper oder Behandlung mit manchen Reagentien (z. B. salpetersaurem Silberoxyd) äussert. An den Knickungsstellen treten vorzugsweise die beschriebenen (S. 368) Einschnürungen oder Einkerbungen des Nervenmarks auf. Aus dem angeführten Grunde bemerkt man bei der Betrachtung eines frischen Nerven von oben dunklere und hellere, quere und spirale, nicht scharf begrenzte Streifen, welche bei Ausdehnung des Nerven verschwinden: wogegen die durch die longitudinal verlaufenden Bündel bewirkte Längsfurchung an der Oberfläche des Nerven unverändert bleibt.

Microscopisch stellt sich das Perineurium der secundären Bündel aus concentrisch angeordneten, lamellenähnlichen, bindegewebigen Faserzügen, Perineuralhäutchen, bestehend heraus, die an ihrer inneren und äusseren Oberfläche mit einem Mosaik polygonaler Endothelien in einfacher Lage bekleidet sind. Ihre Kerne (Fig. 260 *k*) erscheinen auf Querschnitten der Bündel wie auf Längsschnitten länglich-elliptisch: sie sind von rundlich abgeplatteter Form. Zwischen den concentrischen Lamellen liegen einzelne anastomosirende, nach der Längsrichtung der Bündel verlaufende platte Bindegewebszüge und ebenso angeordnete feine elastische Fasern.

Fig. 260.



Aus einem Nervenstamme des Plexus brachialis. Getrocknet, Querschnitt, Carmin, Essigsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 610. *p* Perineurium eines secundären Bündels, nebst Kernen. *k* Kern des Neurilems. *a* Axencylinder der Nervenfasern.

Während das Perineurium den secundären Bündeln eine beträchtlich feste Umhüllung verleiht, werden diese selbst durch lockeres interstitielles oder interfasciculäres Bindegewebe zusammengehalten. Es besteht aus hauptsächlich longitudinalen Fasern mit Inoblastenkernen, zahlreicheren und stärkeren elastischen Fasern, sowie mehr oder weniger zahlreichen Fettzellen in Gruppen, die nicht unwesentlich das Gesammtvolum der grösseren Nervenstämme vermehren.

Mit dem *Perineurium des ganzen Nerven*, Epineurium, äusseres Neurilem, perifasciculäres Bindegewebe, hängt jenes interstitielle Bindegewebe continuirlich zusammen. Dasjenige des ganzen Nerven hat einen undeutlicher lamellösen Bau, als das Perineurium der secundären Bündel; besitzt vorwiegend longitudinal verlaufende Bindegewebszüge und elastische Fasernetze, wie das interstitielle Bindegewebe.

Die äussere Oberfläche des Perineurium, welches den ganzen Nerven bekleidet, ist schlecht begrenzt: es hängt mit einer *Adventitia der Nervenstämme* resp. Zweige zusammen, die aus gewöhnlichem lockeren Bindegewebe besteht und die Nerven mit den benachbarten Theilen (Blutgefässe, Muskeln) etc. verbindet.

Das *Perineurium der primären Bündel*, Endoneurium, sondert die Nervenfasern durch stärkere Scheidewände in grössere, durch deren Fortsetzungen in kleinste, aus wenigen doppeltcontourirten Fasern bestehende Gruppen. Auch diese Scheidewände bestehen wesentlich aus longitudinal verlaufenden Bindegewebsfasern: sie entsprechen der Adventitia des Neurilems (S. 368).

Blutgefässe der Nerven. Arterien und Venen verlaufen in longitudinaler Richtung im Perineurium der Stämme, sowie im interstitiellen Bindegewebe zwischen den tertiären und secundären Bündeln. Gewöhnlich ist eine stärkere *A. nutritia* an jedem Nerven vorhanden, die, von einer Vene begleitet, unter dem Perineurium des Nerven oder zwischen den tertiären Bündeln verläuft, mit Aesten benachbarter Arterien in fortlaufender Reihenfolge anastomosirt und sich theilt, wo letzteres beim Nerven selbst der Fall ist. Manche kleine Arterien umwinden, von je zwei *Venen* begleitet, in spiraligem Verlauf stärkere Nervenstämme innerhalb ihres Perineurium, ehe sie sich in deren Inneres begeben. — Die

Arterien werden an Nerven, die über 0,5 Durchmesser haben, von Gefässnerven, *Nervi nervorum*, begleitet. In das Perineurium der secundären Bündel dringen die Gefässnerven nicht ein: die Blutgefässe lösen sich daselbst in länglich polygonale der Längsrichtung folgende Maschen auf, deren Geflecht auch zwischen die Primärbündel eindringt. Die Form der Gefässmaschen erinnert im Ganzen an diejenigen in den Sehnenscheiden (Fig. 59, S. 95), nur dass die Netze weitmaschiger, die Capillaren viel enger sind.

Lymphgefässe der Nerven. Die Dura mater gibt jeder Wurzel der Rückenmarks- und Hirnnerven eine gesonderte trichterförmige Scheide mit, die vom Endothel der Arachnoidea auf ihren beiden Seiten überkleidet wird. Beim Zusammentritt der motorischen und sensiblen Wurzeln findet am Rückenmark eine Vereinigung beider Neuralscheiden statt. Dadurch entsteht auf einer kleinen Strecke eine Scheidewand zwischen den genannten beiden Wurzeln. Vielfach verbinden sich Arachnoidea und Dura an dieser Gegend, indem das Gewebe der letzteren sich in feine, mit denen der Arachnoidea zusammenhängende Bindegewebsbälkchen auflöst. Nicht nur die Pia mater, sondern auch das Bindegewebe des Subarachnoidealraums setzt sich auf die Nervenstämme fort, und die hohlen Spalten des letzteren communiciren mit den Zwischenräumen, durch welche die concentrischen Lamellen im Perineurium der secundären Bündel von einander getrennt werden. Während mithin der Subduralraum an der Zusammentrittsstelle beider Wurzeln und an den Hirnnerven, wo letztere die Schädelhöhle verlassen, endigt, resp. mit microscopischen Spalten des Subarachnoidealraums communicirt, geht der letztgenannte in seinen Fortsetzungen auf die peripherischen Nervenstämme und deren Zweige über. Das Perineurium hängt also mit allen drei Hirn- oder Rückenmarkshäuten continuirlich zusammen.

Die beschriebenen Räume im Perineurium lassen sich vom Subarachnoidealraum aus injiciren und stellen ebenfalls Lymphspalten dar.

Die Injectionsmasse kann bis in die kleinsten, mit freiem Auge sichtbaren Nervenzweige vorgetrieben werden (Bogros, 1825; Key und Retzius, 1872), die mithin Lymphscheiden besitzen. Mit den benachbarten, häufig in der Adventitia der Nerven verlaufenden Lymphgefässstämmchen scheint kein Anastomosiren stattzufinden.

Rückenmarksnerven.

Die *Nervi spinales*, Spinalnerven, Rückenmarksnerven, enthalten feinere und stärkere, doppeltcontourirte Nervenfasern gemischt. Der Bau der letzteren ist vollkommen übereinstimmend (S. 370); ihre Function aber verschieden: im Allgemeinen sind die feineren, auch wohl sympathische genannten, sensibel; die dickeren motorisch, ohne dass sich in Zahlen eine scharfe Grenze ziehen liesse. Jedenfalls überwiegen in den Muskelnerven die dickeren Nervenfasern (Verhältniss wie 10:1), in den sensiblen Nerven die feineren Fasern.

Harting (1845) glaubte eine solche Grenze bei 0,012 Durchmesser der Nervenfasern gefunden zu haben. — Volkmann (1844) ermittelte das oben angegebene Zahlenverhältniss für die Muskelnerven im M. extensor digit. pedis longus des Menschen.

Es lässt sich das Gesetz nachweisen, dass die sensiblen Wurzeln in denjenigen Hautstellen sich verbreiten, welche die von Fasern der gleichnamigen vorderen Wurzeln versorgten Muskeln und deren Sehnen bedecken.

Manche grössere Muskeln erhalten aus verschiedenen, aber benachbarten Intervertebrallöchern ihre Nerven, und auch für die entsprechenden Hautparthien gilt dasselbe. An den Extremitäten stellen die Verbreitungsbezirke der sensiblen Hautnerven im Allgemeinen bandartige, longitudinale, zum Theil die Enden der Extremität umfassende Streifen dar, in welche Fasern benachbarter Rückenmarksnervenwurzeln vermöge der Plexusbildungen mehrfach übergreifen.

Schroeder van der Kolk (1847) hatte behauptet, dass die demselben Stamme angehörenden sensiblen Fasern in diejenigen Theile gehen, welche durch Muskeln bewegt werden, die von den correspondirenden motorischen Nerven abhängig sind. Peyer (1853) setzte an Stelle der genannten Theile die die Muskeln bedeckende Haut. W. Krause (1865) wies nach, dass das oben formulirte, beiden früheren Ansichten entsprechende Gesetz den Thatsachen genüge. Es hat auch für die Schädelnerven (S. 403) Gültigkeit.

Wie auf experimentellem Wege gefunden wurde, haben der VI. und VII. Cervicalnerv ihre Verbreitungsbezirke in der Haut (resp. den zugehörigen Muskeln) des Ober- und Vorderarmes: die Volar- und Dorsalfläche des ersten, zweiten und dritten, sowie die Radialseite des vierten Fingers wird vom VIII. Cervicalnerven, die Ulnarseite des letztgenannten und der ganze kleine Finger vom 1. Dorsalnerven versorgt (W. Krause, Bei-

träge zur Neurologie der oberen Extremität, 1865). Dies gilt zunächst für das Kaninchen und den Affen (Macacus cynomolgus); es ist aber wenigstens für das Kaninchen (W. Krause, Anatomie des Kaninchens, 1868, S. VI) die vollständige Uebereinstimmung des peripherischen Nervensystems mit demjenigen des Menschen sichergestellt — abgesehen natürlich von fehlenden, sowie überzähligen Muskeln etc.

Spinalganglien.

Die *Spinalganglien,* Ganglia nervorum spinalium, liegen im Verlauf der hinteren Wurzel, gewöhnlich an deren Vereinigungsstelle mit der vorderen, und werden vom Perineurium des Nervenstammes eingeschlossen. Während die vordere Wurzel an dem Ganglion vorbeigeht, lösen sich die Bündel der hinteren, zunächst pinselförmig ausstrahlend, in einen engmaschigen Plexus auf, worin Ganglienzellen eingebettet liegen. Dieselben sind gewöhnlich zu kugligen oder ellipsoidischen Gruppen vereinigt, deren Anordnung bei schwacher Vergrösserung einigermassen mit den Acini traubenförmiger Drüsen sich vergleichen lässt.

Obgleich die microchemischen Charaktere mit denen der motorischen Zellen in den Vordersäulen des Rückenmarks übereinstimmen, bestehen doch andere, sehr wesentliche Unterschiede.

Die Ganglienzellen besitzen zunächst eine endotheliale, aus platten, polygonalen, kernhaltigen Zellen zusammengesetzte Hülle oder Scheide: die *Kapsel* (Fig. 262 *B k*; S. 477). Der Zellenkörper ist theils kuglig oder etwas ellipsoidisch, theils etwas polyedrisch, keulenförmig oder birnförmig, und enthält feine Fett-, zum Theil auch Pigmentkörnchen. Kern, Kernkörperchen und Nucleolulus bieten nichts Besonderes. Einige Zellen sind kleiner, als die anderen, z. B. halb so gross. Manche erscheinen apolar, viele unipolar, in der That sind sie alle mindestens bipolar. Die Fortsätze sind anfangs marklose Axencylinder und treten in kleinerer oder grösserer Entfernung vom Zellenkörper jeder in eine doppeltcontourirte, von Neurilem umgebene Nervenfaser ein. Selten sind die Abgangsstellen sich entgegengesetzt, so dass die Verlaufsrichtung für die eintretende und austretende Nervenfaser dieselbe bleibt und die Zelle den Eindruck einer kernhaltigen Anschwellung des Axencylinders macht (opponirte Stellung, Auerbach, 1864; oppositopole Zellen). Selten werden beide Fortsätze nahe an der Zelle markhaltig, häufiger nur der eine, und dann entsteht eine bemerkenswerthe Aehnlichkeit mit den bipolaren sympathischen Ganglienzellen des Frosches (Fig. 262 *B*). Gewöhnlich umbiegen die Fasern in gegen die Zelle concavem Bogen die letztere, verlaufen gekrümmt oder spiralig. Es können beide Fasern näher oder selbst ganz dicht neben einander sich in die Zelle einsenken, oder die eine Faser theilt sich in einiger Entfernung von der Zelle. Tripolare Formen sind also vorhanden; die anscheinend unipolaren und apolaren resultiren theils aus dem geschilderten wechselnden Faserverlauf, theils aus der meist unvermeidlichen Anwendung von Präparirnadeln: die letztgenannten Zellen sind verstümmelte bipolare. Aus dem Umstande, dass meistens die beiden abgehenden Fasern nahe neben einander verlaufen, erklärt sich der Umstand, dass ein grosser Theil der Zellenperipherie abgerundet und scharf begrenzt erscheint. Die Fortsätze streben in der Regel nach dem Innern des Ganglion; die nach aussen gekehrte Peripherie der einzelnen Zellengruppen bleibt von dunkelrandigen Nervenfasern frei, und dadurch entsteht das eben erwähnte an acinöse Drüsen erinnernde Bild.

Sehr viele Beobachter halten seit Axmann (1847) die unipolaren Zellen sogar für überwiegend häufig, wofür der Anschein allerdings spricht. Mitunter umwickelt beim Frosch (Beale, 1864), selten bei Säugethieren (J. Arnold, 1867, Ganglion Gasseri), die eine feinere, spiralig verlaufende Faser die andere geradlinige (S. 477, sympath. Nervensystem), wobei beide an demselben Pole in die Ganglienzelle eintreten. Diese Formen zusammen mit den so häufigen verstümmelten Zellen dürften hauptsächlich zu der Annahme unipolarer Zellen geführt haben.

R. Wagner (1846), Robin (1847) und Remak (1854) constatirten bei Plagiostomen (Torpedo, Raja) das allgemeine Vorkommen bipolarer Zellen; ebenso Bidder (1847) und Stannius (1849) bei Knorpel- und Knochenfischen, und erschlossen nach Analogie für sämmtliche Wirbelthiere dasselbe Verhalten. Schrader (1851) sah bei Säugethieren und Vögeln in den Spinalganglien einzelne bipolare Zellen; Arndt (1874) in allen Wirbelthierclassen; Leydig (1852) im Ganglion Gasseri von Scymnus lichia. Für eine definitive Entscheidung fehlt es in Betreff der höheren Wirbelthiere an einer guten Methode. Es lässt sich nur sagen: je vorsichtiger und mit je besseren Hülfsmitteln man untersucht, desto häufiger findet man bipolare Zellen oder wenigstens kurze Anhänge abgerissener Fortsätze. Man kann die Spinalganglien nach der von W. Krause für die Isolirung von motorischen Endplatten (1869) angegebenen Methode zwei Stunden lang in concentrirte Oxalsäure legen, dann 24 Stunden lang im Wasserbade auf 75° erhitzen. Danach isoliren sich die Ganglienzellen sehr leicht, und man findet unter vielen unipolaren und apolaren (verstümmelten) einzelne bipolare Zellen. Oder man erwärmt das Ganglion eine Stunde lang mit einer 33 %igen wässrigen Schwefelsäure auf 70—75°, um es nachher 24 Stunden lang in H. Müller'sche Flüssigkeit einzulegen. — Zwei als Theilungsformen oder junge Zellen gedeutete Ganglienzellen innerhalb derselben Kapsel sind im Ganglion Gasseri des Frosches (Dietl, 1874), wie in den sympathischen Ganglien (S. 475), häufig. Bei neugeborenen und erwachsenen Hunden, ferner bei Cavia (einmal sogar drei Kerne) und beim Frosch sah sie Arndt (1874) in den Intervertebralganglien; bei letzterem Thier schon Courvoisier (1868) und ebenfalls einmal drei Kerne. Das Endothel an der Kapsel-Innenfläche fanden Henle (1841), und vielleicht schon Valentin (1836). Zuweilen sind auch Zellen mit vier Fortsätzen beobachtet (Kölliker, 1867, im Ganglion Gasseri des Kalbes; Leydig. 1851, daselbst bei Chimaera monstrosa: zwei Fortsätze verliefen centralwärts, zwei nach der Peripherie).

In das Innere der Spinalganglien setzt sich das Perineurium der secundären Bündel fort und bildet kuglige, von dem beschriebenen Endothel ausgekleidete Hohlräume. In den bindegewebigen Septa verlaufen zahlreiche Blutcapillaren, und ausserdem umspinnt ein dichtes, mit den Lymphspalten der Nervenstämme communicirendes Netz von Lymphcapillaren die Ganglienzellen.

Der Bau der an manchen hinteren Wurzeln innerhalb der Dura mitunter vorkommenden *Schaltganglien,* Ganglia intercalaria, stimmt mit dem der Spinalganglien überein.

Hirnnerven.

Besondere Verhältnisse am (1.) Tractus olfactorius, den Nn. olfactorii und (2.) N. opticus wurden bereits beschrieben. Die übrigen motorischen und sensiblen Hirnnerven oder deren Abtheilungen stimmen mit den correspondirenden Rückenmarksnervenwurzeln überein. Dasselbe gilt von den Ganglien. Als den Spinalganglien homolog zu betrachten sind: für den vierten Schädelnerven die Ggl. jugularia der Nn. vagus und glossopharyngeus; für den dritten Schädelnerven die vorderen lateralen Kerne beider Acusticuswurzeln, die Ganglienzellen-Anhäufungen im N. vestibuli und das Ganglion spirale des N. acusticus, und das Ganglion Gasseri. Letzteres und die Ggl. jugularia gleichen den Spinalganglien vollständig. Dass die Glomeruli olfactorii vielleicht einem Spinalganglion eines vordersten oder ersten Schädelnerven entsprechen, wurde (S. 448) bereits erwähnt. Mehrere Hirnnerven enthalten ausser den beschriebenen noch Anhäufungen von Ganglienzellen, die theils an motorischen, theils an sensiblen Stämmen jenseits ihrer Wurzelganglien, theils in der peripherischen Ausbreitung der Nerven vorkommen. Im letzteren Falle ist ihre Anordnung von derjenigen sympathischer Ganglienzellen (S. 475) nicht verschieden. Sitzen sie an sensiblen Stämmen in der Nähe grösserer Ganglien, so werden sie als *accessorische Ganglien* bezeichnet, wenn sie dem freien Auge sichtbar sind (z. B. am Ganglion Gasseri); häufiger sind microscopische Anhäufungen daselbst. — In Betreff der einzelnen Hirnnerven ergibt sich Folgendes.

3. *N. oculomotorius.* Besteht aus 15,000 meist dicken Fasern, zwischen denen feinere in Bündeln liegen. Enthält im Stamme einzelne Ganglienzellen (Rosenthal, 1845; Reissner, 1861, fand einmal eine Zelle mit fünf Fortsätzen).

4. *N. trochlearis.* Hat 1100—1200 (Rosenthal, 1845) bis 2147 dicke Fasern (Merkel, 1874), mit sparsamen feinen.

3. *N. trigeminus.* Die Portio major führt stärkere und feinere Nervenfasern; die minor 9—10,000 von ersteren; sie geht am Ganglion Gasseri vorbei. Der N. lingualis zeigt in seiner Endverbreitung Ganglienzellen.

6. *N. abducens.* Besitzt 2000—2500 (Rosenthal, 1845) bis 3600 (Tergast, 1872) dicke und mittlere Fasern; feinere sind selten.

7. *N. facialis.* Die meisten Fasern, deren Anzahl 4000—4500 beträgt, sind von bedeutendem Kaliber. Am Ganglion geniculi geht ihre Hauptmasse vorbei.

8. *N. acusticus.* Stärkere Fasern führt die Portio intermedia; der Acusticus selbst nur feinere. Seine zahlreichen gangliösen Anschwellungen sind oben zusammengestellt. (S. 472).

9. *N. glossopharyngeus.* Hat 3500—4000 vorwiegend feinere Fasern. Sein Ganglion petrosum verhält sich wie das jugulare. Seine Plexus enthalten in der Zunge (S. 192) microscopische Ganglien.

10. *N. vagus.* Besitzt ca. 4000 feinere und 5000 dickere Fasern. Die Intumescentia ganglioformis zeichnet sich dadurch aus, dass viele Ganglienzellen in einfachen longitudinalen Reihen oder Ketten zwischen die Faserbündel gelagert sind. Die feinen Fasern finden sich hauptsächlich in den Plexus oesophageus, gastricus und cardiacus, woselbst viele marklose, kernführende Nervenfasern vorkommen; stärkere stammen aus dem R. internus des N. accessorius, und verlaufen meist im Plexus pharyngeus und N. laryngeus inferior, während der N. laryngeus superior und der Plexus pulmonalis mehr feinere als dickere Fasern führt.

Nach Heidenhain mit Burckhard (1868) gelangen beim Kaninchen Accessoriusfasern hauptsächlich in die Rr. cardiacus, pharyngeus inferior, N. laryngeus inferior, sparsamer in den N. laryngeus superior des N. vagus.

11. *N. accessorius.* Besteht aus 2000—2500 stärkeren und 1300—1400 feineren Fasern, und enthält an seinen Wurzeln und im Stamme innerhalb der Dura mater Ganglien resp. Zellen-Anhäufungen.

12. *N. hypoglossus.* Führt 4500—5000 dicke Nervenfasern.

Beim Rinde sitzt ein Ganglion an einer kleinen motorischen (Volkmann, s. Bidder, Ganglienzellen und Nervenfasern, 1847, S. 68) Wurzel des N. hypoglossus. Die Zahlenangaben sind, wo nichts Anderes bemerkt wurde, Rosenthal's Diss. de num. atque mens. micr. fibrill. Vratisl. 1845, entnommen. Schätzungen des Zahlen-Verhältnisses zwischen den feineren und stärkeren Fasern haben keine sichere Basis. (S. 470).

Sympathisches Nervensystem.

Das *sympathische Nervensystem,* Systema nervosum sympathicum s. gangliosum, Gangliennervensystem, vegetatives Nervensystem, besteht aus den centralen Ganglien des sympathischen Nervensystems oder *sympathischen Ganglien* schlichtweg; aus den *sympathischen Nerven* und deren *peripherischen Plexus,* die fast an allen Stellen microscopische Ganglien führen. Letztere werden als peripherische Ganglien des sympathischen Systems oder *peripherische Ganglien* schlichtweg bezeichnet, obgleich auch an einzelnen sensiblen Hirnnerven (S. oben) peripherische Ganglien sich finden.

Auch an motorischen Nerven sind peripherische Ganglien zuweilen erwähnt worden. Abgesehen von den Zellen im Stamm des N. oculomotorius (S. 172) hat Kölliker (1850) ein kleinstes Ganglion im M. omohyoideus gesehen und Key (1863) rechnete die Ganglienzellen in der Froschzunge (S. 193) deren motorischen Nerven zu.

Die *sympathischen Ganglien,* isolirte Ganglien, Ganglia systematis gangliosi segregata s. sympathica, kommen im Innern des Körpers als eine sehr grosse Anzahl einzelner freiliegender Nervenknoten vor, welche nicht in einem Stamme oder einer Wurzel eines Hirn-Rückenmarksnerven eingeschlossen sind, aber durch eine Menge dünner Nerven unter einander und mit den Hirn-Rückenmarksnerven zusammenhängen und aus welchen zahlreiche feine Nerven zu den Organen gehen. Diese Ganglien sind grauröthliche, ziemlich harte Körper von verschiedener, meistens plattrundlicher, spindelförmiger, sternförmiger Gestalt, die an bestimmten Stellen in fettreiches Bindegewebe eingesenkt liegen. Von verschiedenen Seiten treten Nerven in das Ganglion ein,

welche im Innern desselben in zarte Bündel und einzelne Fasern sich spalten, die in jedem Ganglion zahlreich vorhandenen Ganglienzellen mehr oder weniger vollständig umspinnen, häufig gegenseitig Fasern austauschen, und von Neuem vereinigt, als dünne Nerven an einer anderen Seite des Ganglion wieder hervortreten und zu anderen isolirten Ganglien, oder zu Hirn-Rückenmarksnerven und deren Ganglien, oder unmittelbar zu bestimmten Organen sich begeben. Auf solche Weise bildet jedes Ganglion einen Centralpunkt für eine grössere oder geringere Anzahl von Nerven, welche innerhalb desselben durch zwischengedrängte Gruppen von Ganglienzellen zerlegt werden und dasselbe in oftmals abgeänderter Zusammensetzung wieder verlassen.

Die mit dem Gangliensysteme im unmittelbaren Zusammenhange stehenden, grösstentheils dünnen Nerven, *sympathischen Nerven*, Gangliennerven, Nervi systematis gangliosi, enthalten innerhalb eines verhältnissmässig dicken Perineurium jedesmal eine geringere Anzahl von markhaltigen Nervenfasern, als Cerebrospinalnerven von gleicher Stärke, zuweilen nur wenige oder hier und da eine einzelne Faser; dagegen eine beträchtliche Anzahl von ziemlich parallelgestreckten, blassen, kernführenden Nervenfasern, hin und wieder auch Ganglienzellen, welche entweder einzeln vorkommen oder haufenweise zusammengedrängt kleine Ganglien im Verlaufe dieser Nerven bilden, die in ihrem Vorhandensein, Anzahl und Grösse unbeständig sind. Die Gangliennerven sind von grauröthlicher, grauer oder gelblichgrauer Farbe, zuweilen an der einen Seite grau und an der anderen weiss, oder gelblichweiss und grau gestreift, welche Verschiedenheit der Färbung von dem grösseren oder geringeren Gehalt an dunkelrandigen, markhaltigen Nervenfasern herrührt; daneben sehr weich und leicht in einzelne Faserbündel zu trennen, vorzüglich die grauen. Sie laufen mehr gebogen und geschlängelt, als die Hirn-Rückenmarksnerven, und vereinigen sich häufig unter einander durch Ansae und Ganglien, wodurch die *Ganglienegeflechte, Plexus gangliosi,* entstehen. In ihrem Verlaufe zu den Organen und innerhalb derselben begleiten sie meistens die Blutgefässe, welche von ihnen netzartig umstrickt werden. An ihrer Endigung bilden die Nervenfasern ähnliche peripherische Plexus (S. 479) wie die der cerebrospinalen Nerven.

Mit den Centralorganen steht das Gangliensystem (mit Ausnahme sehr weniger und zarter Fäden zum Hirnanhange, S. 479) nicht in unmittelbarer Verbindung; dagegen ist es mit fast allen Nervi cerebrospinales durch dünne Zweige verknüpft. Uebrigens lässt sich hinsichtlich dieser (so wie überhaupt aller Verbindungen zwischen zwei Ganglien oder Gangliennerven) nicht immer bestimmt nachweisen, in welcher Richtung die Fasern gehen, ob aus den Ganglien zu den Hirn-Rückenmarksnerven, oder ob sie von diesen in jene eindringen: beides findet wahrscheinlich bei jeder solcher Vereinigung statt, die man daher nicht als einen Zweig eines Hirn-Rückenmarksnerven zum Gangliensystem, oder umgekehrt — sondern als einen beiden angehörigen oder gemischten Verbindungsnerven betrachten muss. Im ersteren Sinne hat man das Gangliensystem als eine Abzweigung des Systems der Cerebrospinalnerven, von diesen entspringend angesehen. Als Spuren derartiger Verbindungen sind die Stamm- und Wurzelganglien der Cerebrospinalnerven zu betrachten: indessen sind nicht alle solche Verbindungen durch Ganglien ausgezeichnet. — Man unterscheidet im Gangliensystem eine doppelte, längs der Wirbelsäule herablaufende Kette von Ganglien, die durch dünne kurze Nerven vereinigt werden: die *Nervi sympathici* oder *Grenzstränge* mit ihren *Grenzganglien:* — und eine grosse Anzahl einzelner im Kopfe, am Halse, in der Brust- und Bauchhöhle zerstreuter, jedoch unter einander und mit den

Nervi sympathici zusammenhängender *peripherischer Ganglien* und *Ganglienplexus*, aus welchen Nerven für zusammengesetzte Apparate hervorgehen.

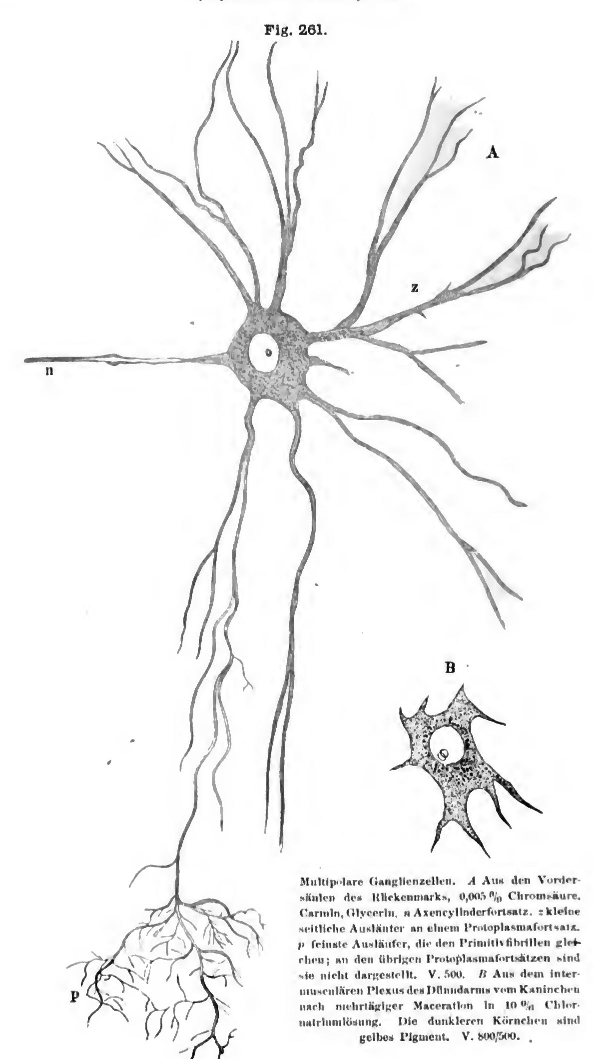
Was die microscopischen Verhältnisse anlangt, so bestehen die **sympathischen Nerven** und ihre Zweige aus doppeltcontourirten und blassen kernführenden Nervenfasern in verschiedenen relativen Mengenverhältnissen. Beide Faserarten sind in den stärkeren Nerven zu primären und secundären Bündeln vereinigt: in den feineren Zweigen tritt gewöhnlich die Anzahl der blassen Nervenfasern in den Vordergrund. Die Bündel sind von verschiedener Grösse und unregelmässiger, meist abgerundet-prismatischer Form. — Perineurium, Blutgefässe und Lymphgefässe verhalten sich wie bei den Cerebrospinalnerven; das Perineurium zwischen den feineren Bündeln ist weniger entwickelt.

In den **sympathischen Ganglien** sind Perineurium, Blut- und Lymphgefässe ebenfalls im Wesentlichen wie in den Spinalganglien beschaffen. Jedoch zeigt ihr Durchschnitt bei den grösseren Ganglien öfters ein mehr weissliches, strahliges Centrum, in welchem Bindegewebe und Nervenfaserzüge überwiegen. — Das spec. Gewicht beträgt im Mittel 1,038 (Gangl. cervicale superius). — Was die eingebetteten sog. *sympathischen Ganglienzellen* betrifft, so sind diese vorwiegend multipolar (Fig. 261 *B*), von geringerer Grösse als die der Spinalganglien. Ihre Zellenkörper erscheinen theils rundlich oder ellipsoidisch, theils birn- oder spindelförmig, theils eckig und an der Oberfläche vielfach ausgetieft — letzteres, wenn sie durch Lösungen von relativ höherem endosmotischen Aequivalent zum Schrumpfen gebracht sind. Die dadurch entstandenen Kanten gleichen in deren Profilansicht kurzen, dreieckigen, an die Kapseln sich inserirenden Stacheln, und dürfen nicht mit den wirklichen Ausläufern verwechselt werden. Letztere tragen, so viel bekannt (S. 478), sämmtlich den Charakter von Protoplasmafortsätzen. Sie sind marklos, blass und theils sehr fein, theils verhältnissmässig dick, in letzterem Falle und wenn es der Zellenkörper selbst ist, mitunter gelb pigmentirt. Sie perforiren die Kapsel und erhalten von dieser eine begleitende endotheliale Scheide, mit der sie sich zwischen den Kapseln benachbarter Ganglienzellen verlieren, nachdem sie sich (zuweilen wiederholt) dichotomisch getheilt haben. Nur unwesentliche Verschiedenheiten bieten die sympathischen Ganglien unter sich. Das Ganglion cervicale superius enthält mehr kleine Ganglienzellen als das coeliacum, die sich in dem Grenzstrang weit nach unten einzeln oder zu Ketten eingesprengt hinunterziehen. Letzteres führt mehr Bindegewebe, ist daher lockerer gebaut, seine Zellen bilden ebenfalls mitunter Reihen; während die übrigen Grenzganglien in ihrem Bau dem G. cervicale gleichen. Manche Ganglienzellen sind bei älteren Individuen mehr oder weniger pigmentirt. Die Grösse ist nicht constant: es gibt solche, die viermal grösseren Durchmesser haben, als die kleinsten — vielleicht hängt dies mit Theilungsvorgängen zusammen.

Die wiederholten Theilungen der Protoplasmafortsätze sind nach mehrtägiger Maceration in 0,05 $^0/_0$iger Chromsäure am besten zu sehen; sie wurden auch von Key und Retzius (1872) erwähnt.

Die sympathischen Ganglienzellen enthalten beim erwachsenen Kaninchen (Remak, 1838) und Meerschweinchen (Schwalbe, 1868) je zwei ellipsoidische Kerne mit Kernkörperchen (1—4 Nucleoli, Bidder, 1869, Gangl. coeliacum des Kaninchens), während bei jungen Thieren und im Grenzstrang des Kaninchens auch einkernige (Schwalbe) vorkommen. S. Mayer (1872) sah einzelne zweikernige Zellen beim Menschen, Hund, Katze, Frosch. Zuweilen findet sich beim Frosch eine grössere Hauptzelle und eine kleinere Nebenzelle in derselben Kapsel (Courvoisier, 1868). — S. Mayer (1872) schrieb den Reptilien und

Fig. 261.

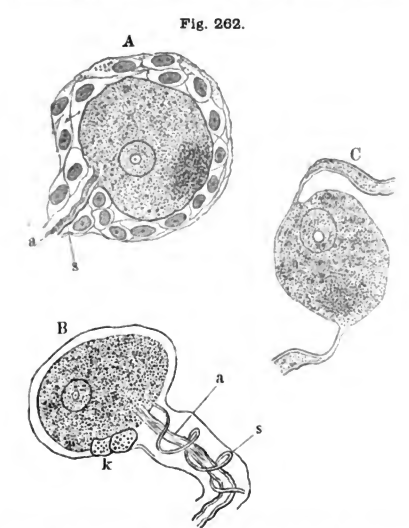


Multipolare Ganglienzellen. *A* Aus den Vordersäulen des Rückenmarks, 0,005 % Chromsäure, Carmin, Glycerin. *n* Axencylinderfortsatz. *z* kleine seitliche Ausläufer an einem Protoplasmafortsatz. *p* feinste Ausläufer, die den Primitivfibrillen gleichen; an den übrigen Protoplasmafortsätzen sind sie nicht dargestellt. V. 500. *B* Aus dem intermusculären Plexus des Dünndarms vom Kaninchen nach mehrtägiger Maceration in 10 % Chlornatriumlösung. Die dunkleren Körnchen sind gelbes Pigment. V. 800/500.

nackten Amphibien Entwicklungsformen junger Ganglienzellen zu, welche letztere aus den Endothelien resp. Kernnestern hervorgehen sollen. Lavdowsky (1873) dagegen liess die Kernnester als endogene Brut in den alten Zellen entstehen. Langerhans (1873) hat nach Schwalbe (1874) vielleicht die Endothelkerne als in der Ganglienzelle gelegene Körperchen beschrieben. — Zuweilen beobachtete sog. Anastomosen benachbarter Ganglienzellen beziehen sich vielleicht, wie bei den multipolaren Zellen der Centralorgane, auf Fälle, wo eine beginnende Zellentheilung nicht ganz vollständig geworden ist.

Gerade und Spiral-Fasern. Nicht alle Wirbelthiere besitzen deutlich multipolare Ganglienzellen, die in den sympathischen Ganglien von Remak (1838) entdeckt wurden. Wenigstens die Frösche (Rana temporaria, Hyla arborea etc.) haben in den Grenzganglien und in manchen peripherischen Ganglien (Lunge, Herz, Harnblase; auch im Oesophagus nach Arnstein mit Goniaew, 1875) bipolare Ganglienzellen. Allerdings kann einer von ihren Fortsätzen sich theilen, die Zelle also zu einer Faservermehrung beitragen. Wichtiger ist es, dass an diesen Zellen eine sehr verschiedene Beschaffenheit ihrer beiden Fortsätze nachzuweisen ist. Dies eigenthümliche Verhalten wurde unabhängig durch Beale (7. Mai 1863) und J. Arnold (Dec. 1863) bekannt. Eine, die gerade Faser, läuft nämlich direct auf die Ganglienzelle zu, ist breiter, blass, fein granulirt oder längsstreifig und inserirt sich in das Zellenprotoplasma. Die zweite Faser, Spiralfaser (Fig. 262), verläuft, wie ihr Name sagt, spiralig um die gerade Faser gewunden. Sie ist feiner, stärker lichtbrechend, schwärzt sich mit Goldchlorid und kann sich zufolge ihres Verlaufs mehr tangential in den Zellenkörper verlieren.

Fig. 262.



Bipolare Ganglienzellen. *A* Aus einem Sacralganglion des Menschen nach Einlegen in 0,01 % Chromsäure. V. 1000/400. Die Zelle enthält einen Kern mit Kernkörperchen und Nucleolulus. Zwei Axencylinder: ein dickerer *a* und ein sehr feiner *s* treten dicht neben einander zu der Zelle. *B* Aus der Vorhofsscheidewand von Rana temporaria, nach 24stündigem Einlegen in 2 % Essigsäure. V. 1000/800. *k* Kerne der Kapsel. *a* gerade Faser, die weiterhin doppelte Contouren erhält. *s* Spiralfaser. *C* Aus dem Ganglion Gasseri des Menschen nach mehrtägigem Einlegen in H. Müller'sche Flüssigkeit: zerfasert, mit Natron. V. 1000/400.

Die gerade Faser soll nach Arnold (1864) direct im Kernkörperchen, die Spiralfaser in einem mit dem Kernkörperchen zusammenhängenden Fasernetz endigen. Nach Courvoisier (1866), der seine Angaben jedoch später zurücknahm, endigt die gerade am Kern, die Spiralfaser im Kernkörperchen; nach Kollmann und Arnstein (1866) erstere im Nucleolus, letztere im Zellenprotoplasma. Alle diese und ähnlichen Angaben scheinen auf Verwechslung der dem Beobachter abgewendeten Oberfläche mit dem Innern der Ganglienzelle zu beruhen.

Die feinere Spiralfaser geht nun nach dem Centrum, die breitere gerade nach der Peripherie: z. B. verläuft erstere im Froschherzen zu einem Stämmchen des Plexus cardiacus, letztere zu einem Zweige, welcher der Endverbreitung im Herzmuskel angehört. Vermittelst der eingeschalteten Ganglienzelle findet also innerhalb der sympathischen Ganglien eine Vermehrung, wenn nicht der Nervenfasern, so doch der marklosen Primitivfibrillen statt, welche die Axencylinder zusammensetzen. Bidder (1868) ermittelte für die Herznerven des Frosches das angegebene Verhalten mittelst der fettigen Degeneration, welche nach Vagus-Durchschneidung die Spiralfasern, nicht aber die geraden betraf. Manche

Beobachter (J. Arnold, 1863; Kollmann und Arnstein, 1866; Courvoisier, 1866) halten dagegen die gerade Faser für die centrale, die Spiralfaser für die peripherisch verlaufende. Kollmann's Abbildung spricht indessen eher gegen als für diese Angabe, und zur Unterstützung der oben vorgetragenen entgegengesetzten Ansicht kann noch auf die Spinalganglien recurrirt werden. Hier ist nämlich für Knochenfische (Stannius, 1849) und Petromyzon (Stannius, 1850; Langerhans, 1873) constatirt, dass die austretenden Fasern der betreffenden bipolaren Zellen beträchtlich breiter sind, als die centralen.

Das Urtheil über die **Bedeutung der peripherischen Ganglien** ist wesentlich von der richtigen Erkenntniss der blassen kernführenden Nervenfasern abhängig. Dies sind ohne Zweifel *für glatte Muskelfasern bestimmte motorische Fasern*, da letztere nur von solchen versorgt werden. In jedem blutführenden Organe oder Gewebe erhalten daher dessen Blutgefässe zahlreiche und zum Theil starke Gefässnerven, und diese bestehen ihrem wesentlichen Theile nach aus solchen blassen Fasern. Die Gefässnerven aber sind von Einfluss auf die Contraction der Gefässmuscularis, daher auf die Lumina, auf die Widerstände, auf die Circulation, und vermöge alles Dieses endlich auf die Ernährung der Organe. Sie könnten daher mit Recht als trophische Nervenfasern bezeichnet werden, wenn nicht vergessen wird, dass es sich dabei ausschliesslich um motorische Elemente, wie in allen glatten Muskeln handelt. Nun entspringen aus dem Gehirn und Rückenmark (abgesehen vom N. olfactorius) ausschliesslich markhaltige Nervenfasern. Entweder müssen also aus diesen, eventuell nach Einschaltung von sympathischen Ganglienzellen, blasse Fasern werden, oder letztere könnten mit den zugehörigen Zellen ein System für sich bilden, das mit cerebrospinalen Nervenfasern nirgends in Continuität stände. Für letztere Annahme spricht aber keine einzige Thatsache: es ist also wahrscheinlich, obgleich das Schicksal der verästelten Ganglienzellen-Ausläufer, wie überhaupt, so auch in den sympathischen Ganglienzellen unbekannt ist, dass in den letzteren (abgesehen von Reflexwirkungen) ein Zusammenhang mehrerer motorischer Nervenfasern mit einer Zelle oder Gruppe von verbundenen Zellen und dadurch ermöglichte Coordination der (z. B. peristaltischen) Bewegungen glatter Muskellagen stattfindet.

Die Rr. communicantes (Bd. II.) führen zwei Arten von Nervenfasern. Die einen sind centrale Fasern, nämlich aus dem Rückenmark entspringende Wurzeln des Grenzstranges: sie kommen grösstentheils aus den vorderen Rückenmarksnervenwurzeln. Die Fasern sind doppeltcontourirt und meist von geringerem Durchmesser. Der kleinere Antheil stammt aus den hinteren Wurzeln, auch aus den Spinalganglien, und enthält ausserdem viel marklose Nervenfasern beigemischt. Von beiden Fasergruppen gehen manche Bündel an den Grenzganglien vorüber und biegen theils aufwärts, theils abwärts in den Grenzstrang um. — Die anderen, in geringerer Menge vorhanden, sind peripherisch verlaufende Fasern: sie kommen aus dem Grenzstrang oder Grenzganglion und mischen sich den Fasern der Rückenmarksnervenstämme bei. Es scheinen Gefässnerven zu sein.

Was den Zusammenhang des sympathischen Nervensystems mit dem cerebrospinalen anlangt, so ist zunächst anzunehmen, dass doppeltcontourirte Nervenfasern mit den Axencylinderfortsätzen der wie gesagt schon von Remak (1838, 1854) als multipolar erkannten sympathischen Ganglienzellen in Verbindung treten. Denn einer ihrer Fortsätze scheint ein solcher zu sein (Schwalbe, 1868); die übrigen sind Protoplasmafortsätze. Ferner kommt der Zusammenhang mit den Spinalganglien in Betracht. Mit der anatomischen Grundlage ändert sich auch die physiologische Auffassung. R. Wagner (1847) nahm an, dass in den Spinalganglien eine jede sensible Nervenfaser durch eine eingeschaltete Ganglienzelle unterbrochen werde, welche den motorischen Nervenfasern der vorderen Wurzeln fehle. — Betrachtet man dagegen die Zellen der Spinalganglien als unipolar, wofür die directe Beobachtung ohne Berücksichtigung der Fehlerquellen so dringend zu sprechen scheint, so würden die spinalen in eine Reihe mit den sympathischen Ganglien treten und wahrscheinlich Gefässnerven den Ursprung geben. Von diesen würde der grössere Theil in seinem peripherischen Verlaufe sich direct den Rückenmarksnervenstämmen und ihren Aesten anschliessen; ein kleinerer Theil vermittelst der Rr. communicantes in die Gangliennervenstämme des Sympathicus übertreten und zu den Eingeweiden ziehen.

Für die letztgenannte Annahme lässt sich noch die unzweifelhafte Faservermehrung (Bidder und Volkmann, 1842, beim Hecht; Kölliker, 1850, beim Menschen und Hunde; Schwalbe, 1868, bei der Eidechse) der hinteren Wurzel nach dem Durchtritt durch ihr Spinalganglion anführen. Die erstgenannte Hypothese muss diesen Umstand durch die Annahme sog. tripolarer, d. h. solcher bipolarer Ganglienzellen zu erklären suchen, deren peripherischer Fortsatz sich in zwei Aeste theilt, während der centrale einfach bleibt. Damit würde der beträchtlichere Durchmesser der peripherischen Faser bei Fischen (s. oben) in Einklang stehen, insofern die spinale Ganglienzelle die Axenfibrillen für den doppelt gewordenen Axencylinder liefern müsste. Gewöhnlich wird jedoch eine überwiegende Anzahl unipolarer Zellen in den Spinalganglien als erwiesen angenommen: die von ihnen entspringenden Nervenfasern werden als *gangliospinale* bezeichnet, und den letzteren entweder ein theils centraler, theils peripherischer (Axmann, 1847), oder vielleicht ausschliesslich peripherischer Verlauf (Kölliker, 1850) zugeschrieben.

Sympathischer Plexus des Kopfes.

Gleichwie sich die beiden letzten Schädelnerven (S. 403) in eine Anzahl getrennt verlaufender Nervenstämme sondern, so tritt eine ähnliche Zerspaltung des Grenzstranges in mehrere einzelne Aeste und damit zusammenhängende Grenzganglien ein. Durch Combination dieser Grundform mit Ganglien und Plexus, die den peripherischen zuzurechnen sind (Ganglion maxillare, nasopalatinum etc.), wird ihr Verständniss schwieriger, weshalb in folgende Tabelle nur die Hauptmomente aufgenommen sind:

	Grenzstrang.	Grenzganglien.	Rr. communicantes.
Vierter Schädelnerv.	N. petrosus profundus. N. carotico-tymp. inferior. N. tympanicus. Zweig des G. cervic. sup. zum G. petrosum.	Gangl. petrosum des N. glossophar. Plexus ganglioformis des N. vagus.	Fehlt. Fehlt.
Dritter Schädelnerv.	N. petrosus sup. minor. N. petrosus sup. major. Zweig vom G. oticum zum N. petrosus profundus.	G. geniculum. Gangl. oticum. G. sphenopalatinum.	Zweige des N. maxill. inf. zum G. oticum. Nn. sphenopalatini vom N. maxill. sup. zum Gangl. sphenopalatinum.
Zweiter Schädelnerv.	Radix media des Gangl. ciliare.	Gangl. ciliare.	Radix longa vom N. nasociliaris und Rad. brevis vom N. oculomotorius zum Ganglion ciliare.

Schon Joh. Müller (1841) betrachtete die Gangl. petrosum, oticum und sphenopalatinum als Grenzganglien; auf die Fortsetzung des Grenzstranges am Kopfe hat Rauber (1872) besonders aufmerksam gemacht, und das Fehlen der Rr. communicantes am vierten Schädelnerven dahin erklärt, dass dieselben gleichsam unendlich kurz geworden und in den Stämmen der Nn. glossopharyngeus und vagus, da diese auch die zugehörigen Grenzganglien einschliessen, mit enthalten wären. — Wie der Grenzstrang am Halse der A. carotis communis parallel verläuft, so begleiten seine Nervenfaserzüge am Kopfe die A. carotis interna, in deren Plexus caroticus sie verstrickt sind. Als oberstes, aber nicht dem N. opticus, sondern dem Ophthalmicus N. trigemini zugehörendes Grenzganglion ist das Gangl. ciliare zu betrachten, das sich mit dem Ganglion sphenopalatinum mitunter durch eine Radix accessoria sphenopalatina direct verbindet, welche durch die Fissura orbitalis inferior dringt. Während mithin die oberen Enden des linken und rechten Grenzstranges nicht anastomosiren, sondern durch weite Distanz getrennt sind, verbinden sich beide Stränge ganz unten mittelst des unpaaren Gangl. coccygeum. Keineswegs stellen die feinen Fäden, welche die Hypophysis cerebri aus dem Plexus caroticus jeder Seite empfängt, eine solche obere Anastomose dar: vielmehr sind sie Gefässnerven.

Die sympathischen Ganglien des Kopfes sind in Betreff ihrer feineren Structurverhältnisse noch nicht untersucht. Indessen ist auf physiologischem Wege gezeigt (Jacobson mit Toeplitz, 1873), dass die Gefässnerven des Plexus caroticus und der anastomosirenden Zweige der A. carotis interna, nicht aber die der Vertebralarterien, aus dem Ganglion cervicale superius versorgt werden. Die complicirte Verflechtung der Nervenbündel in jenen Plexus am Kopfe ist ebenso wenig aufgeklärt: sie fallen der descriptiven Anatomie (Bd. II.) anheim. — Nur über eine bestrittene Anastomose des R. superior N. tympanici mit dem Ganglion geniculum muss hier erwähnt werden, dass sie auch microscopisch constatirt ist (W. Krause, 1866). Sie hat als Theil des Grenzstranges die Bedeutung, das genannte Ganglion mit dem Ganglion petrosum zu verbinden.

Peripherische Plexus und Ganglien des sympathischen Systems.

Eine grosse Anzahl von Organen, die aus dem embryonalen Darmdrüsenblatt hervorgehen, ist mit microscopischen sympathischen Plexus ausgestattet, die in wesentlichen Punkten übereinstimmen.

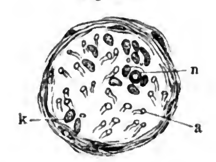
Verschieden sind sie in Betreff ihres Gehalts an doppeltcontourirten Nervenfasern. Entweder diese oder blasse kernführende Fasern setzen die nervösen Geflechte vorzugsweise zusammen und in letzterem Falle handelt es sich um motorische, die glatte Musculatur versorgende Nerven.

Je feiner die **Nervenstämmchen** (wie man diejenigen Verzweigungen nennt, die nicht mehr oder eben noch dem freien Auge sichtbar sind, S. 468) werden, desto mehr pflegen in musculösen Organen die blassen Fasern zu überwiegen. Es kommt häufig vor (Fig. 263 *n*), dass nur eine einzige oder zwei bis drei doppeltcontourirte Fasern in einem Bündel von blassen stecken. Erstere bieten auch dichotomische Theilungen dar und die Aeste pflegen ihren Verlauf dicht neben einander in den Stämmchen fortzusetzen. Die Erscheinung, dass die doppeltcontourirten Fasern nach der Peripherie hin abnehmen und in den grossen Stämmen (z. B. Nn. splanchnici, Aeste des N. vagus etc.) überwiegen, kann verschiedene Gründe haben. Entweder sind die doppeltcontourirten sensible sympathische Fasern, welche früher die



Stämme verlassen und an einem anderen Orte endigen (z. B. die sensiblen im Peritoneum, die motorischen in der Darmmuscularis). Oder die doppeltcontourirten sind motorische, verlieren ihr Mark und gleichen dann vollständig den blassen Nervenfasern (M. rectococcygeus des Kaninchens, W. Krause, 1870). Oder — was freilich noch nicht direct nachgewiesen aber doch sehr wahrscheinlich ist — die doppeltcontourirten Nervenfasern endigen in den Axencylinderfortsätzen der multipolaren sympathischen Zellen und aus deren Protoplasmafortsätzen entstehen auf irgend eine Art blasse Fasern. Man weiss, dass letztere mit Ganglienzellen zusammenhängen können und ferner, dass niemals eine blasse kernführende Nervenfaser (vom Olfactorius abgesehen) als solche das Rückenmark oder Gehirn verlässt. Welcher Grund vorliegt, ist im Einzelfalle nicht immer zu entscheiden.

Fig. 263.



Stämmchen blasser Nervenfasern aus der Adventitia der Tuba Falloppiae. Maceration in 2 %iger Essigsäure; Querschnitt. V. 600 : 380. *k* Kern des Neurilems. *n* Querschnitt einer doppeltcontourirten Nervenfaser. *a* Querschnitte von Axencylindern, die sich in die Tiefe fortsetzen.

Die meisten peripherischen Plexus führen *microscopische Ganglien*. Obgleich die grössten dem freien Auge sichtbar werden können, zeigen sich andererseits Einsprengungen von ganz wenigen beisammen liegenden oder sogar von isolirten Ganglienzellen.

Was das Vorkommen solcher microscopischen **gangliösen Plexus** anlangt, so finden sie sich in verschiedener Anzahl und Ausdehnung in den meisten Organen. Dabei gleicht ihr feinerer Bau demjenigen im Darmkanal (S. 482).

Am reichhaltigsten ist der Digestions-Apparat damit ausgestattet. Vom Pharynx angefangen zieht sich eine zusammenhängende Kette bis zum unteren Theile des Rectum hinab und die Zahl der zugehörigen Ganglienzellen ist nach Millionen zu berechnen. Sehr viele in den Verdauungskanal ihr Secret ergiessende Drüsen besitzen gleichfalls Ganglien. In dichten Massen, compact gehäuft, sitzen sie in den Speicheldrüsen; sparsam zerstreut in der Leber und an deren Gängen resp. Appendices.

Im Sinnes-Apparat entbehrt die wie eine Ausstülpung mit dem Verdauungsrohr zusammenhängende Tuba Eustachii der gangliösen Plexus nicht, während die der Paukenhöhle dem Grenzstrang anzugehören scheinen (S. 479): auch im M. ciliaris und in der Thränendrüse sind sie beobachtet. Ebenfalls sitzen kleine Ganglien in der Endausbreitung der Nn. lingualis und glossopharyngeus, sowie in den Schlundästen des letzteren.

Weit seltener werden Ganglienzellen im Respirations-Apparat (in den Lungen und der Schleimhaut der Luftwege angetroffen).

Im Harn-Apparat sind sie auf einzelne Stellen (hintere Wand der Harnblase, Nierenbecken) beschränkt, und ebenso im Geschlechts-Apparat (Plexus cavernosi, Prostata).

Dagegen finden sie sich im Circulations-Apparat (Herz, grössere Arterien und Venen), und was die nervösen Centralorgane anlangt, in deren Gefässhäuten (Pia mater, oder wenigstens der homologen Chorioidea bulbi).

Ihr scheinbares Fehlen an manchen sehr musculösen Organen, z. B. dem Uterus, erklärt sich so, dass sie hier von macroscopischen Plexus ersetzt werden, die ausserhalb des Organs ihre Lage haben. Eine speciellere, zugleich historische Uebersicht enthält nachstehende Tabelle:

Peripherische Ganglienplexus.

Ort des Vorkommens	Thiergattung	Beobachter	Jahr
Plexus tympanicus	Mensch	Pappenheim	1840
Schleimhaut der Tuba Eustachii	Mensch	Rüdinger	1865
Thränendrüse	Mensch	W. Krause	1863
Chorioidea	Mensch	H. Müller	1859
Circulus gangliosus ciliaris	Mensch	C. Krause	1842
Glatte Orbitalmuskeln	Säugethiere	H. Müller	1859
Zungenäste d. Nn. ling. u. glossophar.	Mensch	Remak	1840
Ductus submaxillaris	Säugethiere	Remak	1840
Parotis	Hund	Czermak	1857
Speicheldrüsen (sämmtliche)	Mensch u. Säugethiere	W. Krause	1863
Kehlkopfsschleimhaut	Mensch	Remak	1840
Epiglottisschleimhaut	Mensch	Remak	1840
Luftröhrenschleimhaut	Mensch	Remak	1840
Schilddrüse	Kalb	Peremeschko	1867
Lungen, Lungenwurzel, Bronchien	Mensch	Remak	1840
Lungen	Vögel	Eberth	1863
Lungen	Frosch	J. Arnold	1863
Schlundkopf	Mensch	Remak	1840
Schlundkopf	Schildkröte	Billroth	1858
Schlundkopf	Frosch	W. Krause	1858
Speiseröhre	Säugethiere, Vögel, Am-	Remak	1858
Magen, Muskelhaut	phibien	Remak	1852
Magen, Submucosa	Mensch u. Säugethiere	Meissner	1857
Magen, Submucosa	Frosch	Goniaew	1875
Mesenterialnerven	Pferd	Valentin	1841
Dünndarm und Dickdarm, Submucosa	Mensch u. Säugethiere	Meissner	1857
Dünndarm und Dickdarm, Muskelhaut	Mensch u. Säugethiere	Auerbach	1862
Dickdarm, Ringmuskelhaut	Vögel	W. Krause	1861
Dickdarm, Ringmuskelhaut	Frosch u. Kröte	Klein	1873
Rectum, Submucosa	Kaninchen	Billroth	1858
Pancreas	Mensch	W. Krause	1864
Pancreas	Katze	W. Krause	1870
Ductus pancreaticus, Adventitia	Vögel	Manz	1860
Leber, Gallengänge, Gallenblase	Mensch	Lee	1862
Leber, Advent. d. Duct. cystic. u. hepat.	Vögel	Manz	1860
Nierenbecken	Schwein u. Mensch	Tyson u. Beale	1870
Hintere Wand der Harnblase	Schwein	Remak	1840
Submucosa der Harnblase	Kaninchen	Meissner	1858
Wand der Harnblase	Schildkröte	Billroth	1858
Wand der Harnblase	Frosch	Valentin	1847
Nebennieren	Mensch	Pappenheim	1840
Hoden	Ente	Eberth	1862
Prostata	Pferd	Leydig	1850
Prostata und Samenbläschen	S. 270 u. S. 272		
Plexus cavernosi penis	Mensch	Joh. Müller	1836
Plexus cavernosi u. Pars membr. urethrae	Hund	Lovén	1867
Collum uteri, Musculatur	Schwein	Remak	1847
Herz	Mensch	Remak	1838
Herz, Vorhofsscheidewand	Frosch	Ludwig	1848
Grössere Arterien	Mensch	macroscopisch	
Grössere Arterien	Frosch	Beale	1864
Vena cava inf.	Frosch	Lehmann	1864
Pia mater spinalis	Mensch	v. Lenhossek	1855

Die Beschreibung der unbedeutenderen Plexus ist bei den einzelnen Organen nachzusehen: hier werden nur die wichtigen und grossen abgehandelt: des Darmkanals, der Speichel- und Thränendrüsen.

Nerven des Darmkanals.

Schon in den Mesenterialnerven kommen eingelagerte Ganglienzellen vor; sie bilden an der Ansatzstelle des Mesenterium ein subseröses, aus starken Nervenstämmchen gebildetes, ganglienfreies Geflecht, aus welchem die letzteren durch die Längsmuskelschicht in das Bindegewebe zwischen dieser und der Ringmuskellage eintreten. Hier liegt ein reichhaltiger gangliöser Plexus und dieselben Anordnungen wiederholen sich bei einem zweiten in der Submucosa befindlichen Geflecht.

Ersterer, der **Intermusculäre Plexus** des Darmtractus, Auerbach'scher Plexus, Plexus myentericus externus, erstreckt sich zwischen beiden Muskelschichten nicht nur im Dünndarm, sondern auch im Magen, der Speiseröhre, dem Pharynx, Dickdarm, Coecum mit dem Processus vermiformis und Rectum.

Dünndarm. In dem sehr dünnen Bindegewebe zwischen den beiden Muskelschichten ziehen sich platte flächenhaft ausgebreitete Stämmchen blasser Nervenfasern mit einzelnen doppeltcontourirten Fasern hin. Die Stämmchen theilen sich in 2—5 fast ebenso starke Aeste; die Maschen sind von polygonaler Form, meist fünf- oder sechseckig; die Nervenstämmchen von Perineurium umhüllt. An den Knotenpunkten des so entstehenden Netzwerks, die manchmal rundlich durchlöchert sind, liegen zahlreiche sehr verschieden grosse (zum Theil Hunderte von Zellen enthaltende) microscopische Ganglien. Letztere ziehen sich in parallelen Reihen ringförmig um die Ringmuscularis des Dünndarms; verbinden sich in der Längsrichtung der Maschen durch gewöhnlich zellenfreie Stämmchen; in querer dagegen mittelst solcher, die häufig viele Zellen eingelagert enthalten. Auch diese Stämmchen und sämmtliche Ganglien sind platt.

Die *Ganglienzellen* selbst sind mitunter in opponirter Stellung (S. 141), d. h. wenn sie zu zweien einem Stämmchen eingelagert sind, so lassen beide birnförmige Zellen je einen nach entgegengesetzter Richtung abgehenden Fortsatz erkennen. Die meisten Zellen aber sind multipolar und in diesem Plexus findet unzweifelhaft Faservermehrung statt, weil, wie oben angedeutet wurde, die Summe der Durchmesser der Aeste die der Stämme überwiegt. Die feineren Structurverhältnisse in Betreff der Ganglienzellen und Nervenstämmchen etc. gleichen denen im submucösen Plexus (S. unten).

Aus dem ganglienführenden intermusculären Plexus gehen nach der Längsmuscularis sparsamere, nach der Ringmuskelschicht zahlreichere Stämmchen blasser Nervenfasern, die sich in die genannten Muskellagen einsenken, nachdem sie zum Theil vorher an der Aussenfläche noch einen weitmaschigeren Zellen-freien Nervenplexus gebildet haben. Mittelst dichotomischer Theilungen verästeln sich die Stämmchen innerhalb der Musculatur.

Die Ganglienzellenhaufen sind am Dickdarm etc. noch unregelmässiger angeordnet, als im Dünndarm, die Plexus weitmaschiger und namentlich ist dies am Coecum der Fall. Ihre Ausbildung geht mit der Mächtigkeit der Musculatur im Allgemeinen Hand in Hand.

Beim Meerschweinchen werden die Ganglienzellen von Blutcapillaren umsponnen; kleine Gefässe begleiten meist paarig die stärkeren Stämmchen (L. Gerlach, 1873). — Bei Vögeln liegen Ganglienzellen auch innerhalb der Ringmuscularis (W. Krause, 1861). Besonders ausgebildet ist der Plexus intermuscularis am Magen von Vögeln (Auerbach, 1862), z. B. des Huhnes.

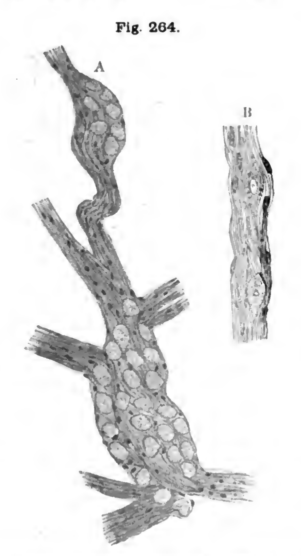
Der **submucöse Plexus**, Meissner'scher Plexus, Plexus myentericus internus, erstreckt sich vom Pharynx bis zum unteren Ende des Rectum. Jeder Flächenschnitt der in verdünnten Säuren gequollenen Submucosa des Dünndarms zeigt ein weitmaschiges Netz stärkerer, aus ca. 10—30 blassen Fasern bestehender *Nervenstämmchen*. Mitunter verlaufen darin 1—2, selten bis vier, feine doppeltcontourirte Nervenfasern. Ausser den Kernen, welche dem Neurilem beider Faserarten angehören, werden die Nervenstämmchen von einem dünnen Perineurium mit längsgestellten Kernen umhüllt. Sie theilen sich nach kurzem Verlaufe wiederholt meist dichotomisch; seltener sind bis zu fünf Theilungsäste vorhanden. Die Stämmchen, ihre Aeste und mehr oder weniger auch die Axencylinder der blassen Fasern sind abgeplattet: die Flächen liegen in der Ebene der Submucosa. Weniger als erstere führen die Aeste, nämlich 5—10, die feinsten nur 2—3 blasse Nervenfasern und bilden ein engeres Netz: wo Fettzellengruppen vorhanden sind, liegen diese in den Maschen.

An den Knotenpunkten und im Verlauf der Stämmchen finden sich nun sehr zahlreiche microscopische *Ganglien*. Je dicker die Stämmchen, desto zahlreicher sind die in ihrem Verlauf eingelagerten Ganglienzellen. Sie bilden elliptische Anschwellungen in den stärkeren Balken des Plexus, reihenweise angeordnet kommen sie in den kleineren und als zwei bis drei oder selbst als isolirte Zellen in den feinsten Zweigen vor. Die Gruppen können auch seitlich als halbmondförmige Auftreibungen, Hemiganglien, den Stämmchen angelagert sein. Nehmen sie dagegen die ganze Breite des Stämmchens ein, so werden sie

wohl als Hologanglien bezeichnet. Je nachdem zwei, drei oder mehr Nervenstämmchen mit den Ganglien zusammenhängen, können letztere als *zweistrahlige, dreistrahlige Ganglien* u. s. w. unterschieden werden. Am zahlreichsten, von eiförmiger, kugliger oder sternförmiger Gestalt, indem sich Fortsetzungen von reihenweise gelagerten Ganglienzellen in die ausstrahlenden Nervenzweige hineinziehen, sitzen sie an den Knotenpunkten: *vielstrahlige Ganglien*. Die Anzahl der Zellen beträgt in den grösseren Anhäufungen meist 10—30.

Die *Ganglienzellen* selbst sind bei Neugeborenen und jungen Individuen (resp. Thieren) farblos, bei älteren leicht gelblich pigmentirt. Von rundlicher oder ellipsoidischer Gestalt und von dichtem Perineurium mit zahlreichen Kernen umhüllt, scheinen sie bei schwächeren Vergrösserungen alle apolar oder unipolar zu sein (Fig. 264 *A*). Indessen gestatten schon etwas stärkere Vergrösserungen, insbesondere bei einzeln eingelagerten Zellen der allerfeinsten Stämmchen (Fig. 264 *B*) zuweilen zwei Fortsätze von entgegengesetzten, etwas zugespitzten Polen der Zelle ausgehen zu sehen. Die Längsaxe der letzteren liegt in der Verlaufsrichtung des Nervenstämmchens und die Zelle selbst erscheint als spindelförmige Auftreibung des Axencylinders. Auch kann sich eine Faser in einiger Entfernung vom Ganglion spitzwinklig dichotomisch theilen, woraus sich die zuweilen zu beobachtende, stets aber nur sehr geringe Faservermehrung erklärt, die innerhalb dieser submucösen Plexus stattfindet.

Fig. 264.



A Zwei kleinere Ganglien im interstitiellen Bindegewebe der Gl. submaxillaris des Igels. Nach 24stündigem Einlegen der Drüse in 3%ige Essigsäure. V. 120. Zu dem vielstrahligen Ganglion treten sechs Nervenstämmchen; das kleinere ist dem Nervenstamme linsenförmig angelagert, wie sich durch Verschieben des Focus herausstellt. Die Anzahl der Ganglienzellen ist also in Wahrheit viel grösser, als sie die bei einer bestimmten Focalstellung angefertigte Zeichnung ergibt. *B* Kleines Nervenstämmchen aus dem submucösen Bindegewebe des Dünndarms vom Menschen mit zwei eingelagerten Ganglienzellen, von denen die bei *B* deutlich bipolar ist. Methode wie bei *A*. V. 350/190. Die Kerne der sämmtlich blassen Nervenfasern sind deutlich.

Mit dem intermusculären Plexus steht der submucöse durch Nervenstämmchen in Verbindung, welche die Ringmuskelschicht in schräger Richtung durchbohrend von einem Ganglion des ersteren zu einem solchen des letzteren gehen. Ohne Zweifel bezieht das submucöse seine Fasern aus dem intermusculären Geflecht. Aus dem Plexus gehen feinere Aestchen in die innere Oberfläche der Ringmuscularis. Diese verlaufen vom Plexus aus ihrer Endigung entgegen: sie gehen zu den glatten Ringmuskelfasern. Andere Aestchen und einzelne blasse Fasern verlieren sich in der Muscularis der Schleimhaut, an der Zottenbasis und steigen zuweilen eine kurze Strecke in die Darmzotten auf. Sie versorgen die Schleimhautmuskellage und die Zottenmusculatur. Die Endigung der sparsamen doppeltcontourirten Nervenfasern ist unbekannt.

Wahrscheinlich sind es sensible vom N. vagus vermittelst dessen Plexus gastricus herstammende Fasern. Sie würden die weit dichteren und mit Ganglien ausgestatteten microscopischen Plexus der Nn. lingualis und glossopharyngeus in der Zunge repräsentiren. Mit Rücksicht auf die multipolaren Zellenformen im intermusculären Plexus könnte man vermuthen, dass mittelst des letzteren resp. der grossen Bauchganglien nicht nur peristaltische Bewegungen des Darmrohrs, sondern auch Reflexe von seiner Schleimhaut, in welcher die eben erwähnten sensiblen Fasern wahrscheinlich endigen, auf die Darm-Muscularis stattfinden. — Bei Säugethieren (Rind, Schwein etc.) sind die Zellengruppen theilweise grösser, enthalten bis zu 50 Zellen. Das Kaninchen hat meist rundliche Zellen, beim Schaf zeigen die reihenweise angeordneten nicht selten dreieckige oder viereckige Flächen. — Was die Vögel anlangt, so ist die Submucosa sehr wenig entwickelt und die Ganglien sind sparsam (W. Krause, 1861). Die Endverbreitung der Nervenfasern

verhält sich wie beim Menschen (W. Krause); bei älteren Vögeln entwickelt sich deutliches Nervenmark rings um den Axencylinder. — Sehr bequem sind die Ganglien in der Schlundschleimhaut des Frosches zu untersuchen (W. Krause, 1858; Arnstein mit Goniaew, 1875). Auch im intermusculären Plexus des Dickdarms sahen Letztere bei der Katze, sowie früher Klein (1873) beim Frosch und der Kröte multipolare Ganglienzellen. — In Betreff des Historischen s. die Tabelle (S. 481).

Im Dickdarm, Processus vermiformis, und Rectum verlieren sich die austretenden blassen Nervenfasern zwischen den Lieberkühn'schen Drüsen. Die Submucosa des Magens enthält spärlichere und weitmaschigere Geflechte; die Ganglienzellen sind durchschnittlich grösser.

Nerven der Speichel- und Thränendrüsen.

Es gibt eine Gruppe von Drüsen mit Ausführungsgängen, welche nur dann beträchtlichere Secretmengen liefern, wenn ihre Nerven auf irgend eine Weise erregt werden. Es sind dieses die Speichel- und Thränendrüsen, deren anatomischer Bau in allen wesentlichen Punkten übereinstimmt. Sie stimmen auch darin überein, dass die Drüsennerven überall zwei verschiedene Quellen haben. Die direct wirkenden Fasern der Speicheldrüsen verlaufen im dritten Ast des N. trigeminus resp. der Chorda tympani und erhalten in verschiedener Weise Beimischungen sympathischer Fasern, welche von Ganglien oder Plexus herstammen. In den Drüsen selbst zeigen sich Plexus blasser kernführender Nervenfasern, die mit den Arterien eintreten, verlaufen und sich verästeln. Sie enthalten, wie alle Gefässnerven, einzelne schmale, doppeltcontourirte Nervenfasern, die wahrscheinlich sensibler Natur sind. Die stärkeren Stämmchen der direct wirkenden Nerven treten im Allgemeinen neben den Ausführungsgängen in die Drüsen ein und umspinnen dieselben in einem weitmaschigen Geflecht. Diese Stämmchen zeigen beinahe ausschliesslich etwas breitere doppeltcontourirte Fasern und liegen in einiger Entfernung von der eigentlichen Wand des Ausführungsganges im lockeren Bindegewebe. Die Ausführungsgänge bestehen überall aus Bindegewebe mit zahlreichen längs- oder querverlaufenden elastischen Elementen. Glatte Muskelfasern kommen an denselben beim Menschen nicht vor, mit Ausnahme einer dünnen Lage am Ductus submaxillaris (S. 193). Würden zahlreiche Muskeln im Innern der betreffenden Drüsen nachgewiesen, so würde sich der Nerven-Einfluss auf die Secretion durch eintretende Contractionen erklären lassen: die Drüsennerven wären grösstentheils motorisch, zum kleinen Theile sensibel, wie die sympathischen Plexus des Darmkanals, mit denen sie ohnehin zum Theil entwicklungsgeschichtlich homolog sind. Hierzu ausreichende glatte Muskeln sind aber bisher nirgends nachgewiesen und ausserdem steht es fest, dass die Kräfte, welche die fraglichen Secrete aus den Ausführungsgängen austreiben, dieselben sind, welche sie in die Endbläschen der Drüsen befördern. Wo blasse Nerven an den Ausführungsgängen anzutreffen sind, scheinen ihre Endigungen den arteriellen Gefässen der Umgebung oder den glatten Muskelfasern des Ausführungsganges anzugehören.

Im interstitiellen Bindegewebe der Drüsenläppchen finden sich beim Menschen sympathische Plexus mit Ganglienzellen. Einzelne Gruppen von solchen zeigen sich in den Gl. parotis, submaxillaris, sublingualis, lacrymalis und im Pancreas. Ueberall sind die Verhältnisse dieselben, nur zeichnet sich die Thränendrüse durch ganz vorwiegend doppeltcontourirte Nervenfasern, Seltenheit der Ganglien und Kleinheit ihrer Zellen aus. Auch Theilungen doppeltcontourirter Fasern kommen vor und sind in der Gl. parotis und lacrymalis nachgewiesen. Bei Säugethieren sind die Ganglien in den Drüsen und an den Ausführungsgängen zahlreicher, während sie an den Gefässnerven fehlen. Wegen der grösseren Bequemlichkeit der Untersuchung ist der folgenden Beschreibung die Gl. parotis des Hundes zu Grunde gelegt, die als Prototyp gelten darf.

Schon in den doppeltcontourirten Nervenstämmchen an dem Ausführungsgange jenseits der Drüsensubstanz findet man Ganglien eingelagert. In der Drüse selbst theilen sich die Nervenstämmchen vielfach und anastomosiren unter einander. Ueberall zeigen sich Ganglienzellen in sehr grosser Menge und in verschiedener Anordnung. Am Stamm des Ausführungsganges und seinen ersten Verzweigungen sind es grosse, oft mit blossem Auge sichtbare Ganglien, s. B. 1,5 Mm. Millimeter lang, 0,5 dick. Meistens von spindelförmiger Gestalt, sind sie entweder so gelagert, dass die Nervenfasern überall gleichmässig vertheilt zwischen den Zellen, deren Anzahl mehrere Hunderte übersteigen kann, hindurchtreten. Oder die Zellenhaufen liegen in concav-convex linsenförmiger Gestalt seitlich den Nervenstämmchen an. Von diesen grössten kommen alle möglichen Uebergänge zu kleinsten Ganglien von 8—20 Zellen vor. Häufig sind einzelne der letzteren in linearer Reihe zwischen die Fasern eingeschoben.

Es finden sich auch spindelförmige Ganglien, sowie vielstrahlige von annähernd kugelförmiger Gestalt, in welche 2—3 Nervenstämmchen unter Anastomosenbildung eintreten, während ebensoviele wiederum nach der Peripherie der Drüse hin das betreffende Ganglion verlassen. Hierdurch entsteht eine so dichte Anhäufung von Nervenfasern und Ganglienzellen, dass diese Plexus den *nervenreichsten Parthien* des Körpers beizuzählen

sind. Bei den feineren Verzweigungen der Ausführungsgänge zwischen den Läppchen nimmt die Anzahl der einzelnen Ganglienzellen ab, zuletzt finden sich noch einzelne Gruppen von 2—4 Zellen. Ihre Beschaffenheit, sowie die der Nervenstämmchen bietet im Allgemeinen nichts von anderen sympathischen Plexus Abweichendes; doch sind die Ganglien mehr kuglig, die Nervenstämme mehr cylindrisch, die Form der Zellen eine ellipsoidische. Auf den ersten Blick erscheinen die Zellen fast alle apolar (Fig. 264 A), zuweilen birnförmig. In den grösseren Ganglien kann man nichts über ihren Zusammenhang mit Nervenfasern nachweisen. An den kleinsten Gruppen aber lässt sich öfters zeigen, dass es sich in der That um bipolare Ganglienzellen, zuweilen auch um tripolare, d. h. solche, von deren beiden Fortsätzen einer dichotomisch verästelt ist, handelt, gerade wie es von den Darmganglien oben beschrieben wurde.

Das allgemeine Vorkommen der Ganglienzellen in den oben erwähnten Drüsen, auch im Pancreas des Menschen, sowie bei allen untersuchten Säugethieren wurde von W. Krause (1863) nachgewiesen: Gl. submaxillaris der Katze, des Igels, Kaninchens, Rindes, Schafes, Pferdes; ferner am Ductus parotideus des Kaninchens, am Ductus submaxillaris des Kaninchens, Hundes, Pferdes, während sie von demselben Gange beim Kalbe und Schafe bereits Remak (1852) bekannt waren. Ausserdem sind sie in den Speicheldrüsen des Maulwurfs, der Gl. sublingualis des Hundes angetroffen. S. auch die Tabelle (S. 481).

Litteratur der Magen-Darmganglien

Remak, Zeitung des Vereins f. Heilkunde in Preussen 1840. No. 2. u. Müller's Arch. 1858, p. 189.
Meissner, Zeitschr. f. ration. Medic. VIII. 1857, p. 364.
Manz, Nerven u. Ganglien des Säugethierdarmes. Freiburg. 1859.
Billroth, Müller's Arch. 1858, p. 148.
Reichert, Reichert's Arch. 1859. p. 530.
Hoyer " " 1860, p. 543.
Schroeder " " 1865.
W. Krause, Anatomische Untersuchungen, 1861, p. 64.
L. Auerbach, Ueber einen Plexus myentericus, Breslau 1862 u. Virch. Arch. Bd. 30.
Breiter u. Frey, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie XI. p. 126.
J. Kollmann, Ueber den Verlauf der Lungenmagennerven in der Bauchhöhle, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, X. p. 413.
Kölliker, Gewebelehre, 1867.
Gerlach, Ueber den Auerbach'schen Plexus myentericus, Leipz. physiol. Arbeiten, VII. 1872.
E. Klein, Contributions to the Anatomy of Auerbach's Plexus in the intestine of the frog and toad, Quarterly Journal of microscopical science, 1873, p. 377.
Goniaew, Die Nerven des Nahrungsschlauches, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11. p. 479. 1875.

Nerven-Endigungen.

Die motorischen und sensiblen Nervenfasern endigen theils in besonderen kleinen und oft sehr zierlichen Apparaten, theils frei, z. B. innerhalb der Neuro-Epithelien. Die Mannigfaltigkeit der zum Theil controversen Verhältnisse gestattet noch keine Zusammenfassung: vielmehr muss auf die einzelnen unten folgenden Abschnitte verwiesen werden (S. auch unten, zweifelhafte Nerven-Endigungen).

Endigungen motorischer Nerven.

Electrische Endplatten.

Einige Fische (Torpedo, Narcine, Gymnotus, Malapterurus) sind mit *electrischen Organen* ausgestattet, die bei Berührung Entladungsschläge ertheilen. Die Nerven dieser Organe stammen von verschiedenen Hirn- und Rückenmarksnerven (N. facialis [s. R. primus electricus vom N. opercularis des Trigeminus] und 4 Rami electrici des R. branchio-intestinalis N. vagi bei Torpedo, die aus einem besonderen Lobus electricus neben der Med. oblong. entspringen). Ihre Fasern verhalten sich wie gewöhnliche motorische. Nur bei Malapterurus wird das Organ von einer colossalen ausserordentlich verästelten (S. 371) Nervenfaser versorgt, die aus dem Rückenmark zwischen dem zweiten und dritten Spinalnerven entspringt.

Alle electrischen Organe sind aus niedrigen polygonalen Kästchen zusammengesetzt, die einander parallele scheibenförmige Platten, *electrische Endplatten*, enthalten. Je zwei derselben werden durch Blutgefäss-haltige bindegewebige Scheidewände gesondert: so entstehen die Kästchen. Ihr Inhalt ist in eine Scheibe von Gallertsubstanz und die electrische Endplatte oder Nervenplatte gesondert. Erstere erscheint bei schwächerer Vergrösserung homogen, bei stärkerer leicht punktirt und enthält rundlich-ellipsoidische Kerne in regelmässigen Abständen. In die Endplatte treten starke doppeltcontourirte Nervenfasern (bei Malapterurus nur eine einzige), theilen sich wiederholt dichotomisch resp. in sehr viele (12—15—25) Aeste bei Torpedo und bilden hier einen aus feinen dunkelrandigen sich überkreuzenden Fasern bestehenden Plexus erster Ordnung. Daraus gehen blasse Terminalfasern hervor und constituiren einen nervösen Plexus zweiter Ordnung. Aus diesem treten allerfeinste, 0,0001 dicke und erst bei 800maliger Vergrösserung sichtbar werdende Terminalfasern hervor. Sie verzweigen sich und laufen zuweilen in feine Pinsel-ähnliche Büschel mit angeschwollenen Enden aus. Die ebenfalls netzförmig (Plexus dritter Ordnung) angeordneten Pünktchen scheinbar feinkörniger Substanz, welche die vom Nervenfaser-Eintritt abgewendete Seite überzieht und bei Gymnotus auf Querdurchschnitten mit Einkerbungen resp. Zotten versehen ist, sind zum Theil solche Nerven-Enden; manchmal sehen sie wie gestielt aus. In Folge ihrer dichten Anhäufung erscheint auf optischen Querschnitten der Platte bei Torpedo die ventrale Abtheilung oder eigentliche Endplatte feingestreift. Die Streifen stehen senkrecht zur Platten-Ebene; die dorsale Abtheilung ist gallertig. Stets ist die durch den Nerven-Eintritt charakterisirte Seite der Endplatte die electro-negative. Eine bei Malapterurus vorhandene Ausnahme hat sich als scheinbar herausgestellt, indem die Nervenfasern in's Innere der Platte eintreten. Alle Platten desselben Thieres sind electrisch gleichgerichtet: bei Torpedo ist die horizontal gestellte Dorsalfläche die *positive;* bei Gymnotus, der ein langgestrecktes Organ hat, die vordere; bei Malapterurus die hintere. Letztere beiden Fische haben zur Längsaxe des Thieres senkrecht gerichtete Platten.

Savi (1844) und R. Wagner (1847) beschrieben bei Torpedo den Plexus dunkelrandiger Fasern erster Ordnung und Verästelung der blassen Fasern zweiter Ordnung; Kölliker (1858) den blassen Plexus zweiter Ordnung als Endnetz; Ciaccio (1870) und Boll (1873) die feinkörnige Substanz als letztes Endnetz. Ihre Pünktchen sind bei Torpedo 0,00066 von einander entfernt, die blassen Nervenfasern zweiter Ordnung 0,0015 dick (Remak, 1856; Boll, 1873). Die freien Endigungen mit knopfförmigen Anschwellungen constatirte W. Krause (Motorische Endplatten, 1869. S. 192. Zeitschr. f. Biologie. 1869. Bd. V. S. 425. Taf. II). Nach Ciaccio (1873) lägen die Kerne bei Torpedo in der Nervenplatte selbst, und färben sich die Körnchen mit Carmin roth, mit Osmiumsäure grau, während die Nervennetze am besten durch Vergoldung darzustellen sind. — Babuchin (1875) fand bei Malapterurus

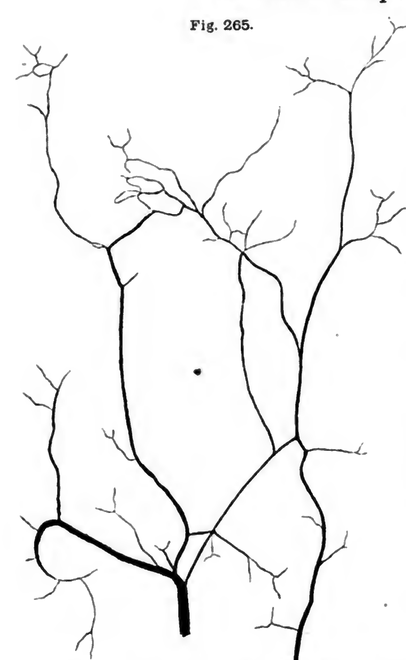
ebenfalls Stäbchen oder Häärchen, die auf der hinteren Fläche sparsamer und vergänglicher sein sollen als auf der vorderen. Das Aussehen von Falten an der letzteren kann einer kurzhaarigen Bürste gleichen. Die Terminalfaser soll frei oder mit kurzen Endästchen aufhören. — Es mag gleich hier bemerkt werden, dass die Blutgefässhaltigen Scheidewände der kernhaltigen Bindegewebsmembran der motorischen Endplatten parallelisirt werden können, während die Nerven-Endigung (S. 501) in electrischen und motorischen Endplatten identisch und die in beiden vorhandenen scheinbar feinkörnigen Substanzen einander homolog sind.

Uebergänge zwischen electrischen und motorischen Endplatten finden sich in den *pseudo-electrischen Organen* (Mormyrus, Gymnarchus, Raja) gegeben, deren electrische Platten z. B. bei Mormyrus labiatus in directer Verbindung mit quergestreifter Substanz sich befinden. Letztere ist dem Gallertgewebe der eigentlichen electrischen Organe homolog.

Auch aus der Entwicklungsgeschichte leitete Babuchin (1869) eine Homologie der electrischen und motorischen Endplatten her. Die ersteren enthalten bei Torpedo anfangs embryonale Muskelfasern, die im Laufe der Entwicklung zu Grunde gehen. — Wenn dies richtig, so ist aus der Descendenztheorie kein Einwand gegen die erwähnte Homologie herzunehmen, obgleich Darwin (1859) die Entstehung der an den Enden von so verschiedenen motorischen Hirn- und Rückenmarksnerven ansitzenden electrischen Platten räthselhaft fand. Denn das electrische Organ ist hiernach ein Muskel, dessen quergestreifte Fasern sich zurückgebildet haben (W. Krause).

Motorische Endplatten.

Fig. 265.



Nervenverbreitung in den beiden mittleren Vierteln der Länge eines Muskelbündels aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 24stündigem Einlegen in 2% Chlorwasserstoffsäure. V. 15. Die Muskelfasern sind nicht angegeben; sie verlaufen parallel der Längsrichtung der Nervenstämmchen.

Alle quergestreiften Muskelfasern stehen mit ihren zugehörigen doppeltcontourirten Nervenfasern durch *motorische Endplatten*, plaque nerveuse terminale, Nervenendplatte, Nervenhügel, motorial plate, placca motrice, lamina nervorum terminalis motoria, in Verbindung. Jede quergestreifte Muskelfaser des Menschen und der Wirbelthiere besitzt nur eine Endplatte ungefähr in der Mitte ihrer Länge.

Kleinere einfache Muskeln erhalten nur einen Muskelnerven; grössere, breitere, zusammengesetzte gewöhnlich mehrere. Dieselben, sowie ihre grösseren und feineren Aeste treten nahe der Grenze zwischen dem mittleren und dem seinem Ursprunge benachbarten Drittel des Muskels in letzteren. Sie verlaufen hauptsächlich der Länge nach und ihre mit freiem Auge noch sichtbaren feineren Zweige lösen sich innerhalb der tertiären Muskelbündel (S. 80) resp. innerhalb der kleinen Muskeln selbst durch fortwährende Abgabe von Aesten in immer feinere microscopische *Nervenstämmchen* auf (Fig. 265), unter denen allseitige Anasto-



mosen stattfinden. An solchen Aesten dieser Stämmchen, welche noch etwa 4–6 Fasern führen, kann man öfters den Uebergang von bogenförmig verlaufenden, isolirten Nervenfasern von einem Stämmchen zum anderen verfolgen. Dies sind die früher sehr oft beschriebenen sog. Endschlingen, welche allerdings vorhanden sind (Fig. 266), aber nicht die letzten Endigungen darstellen.

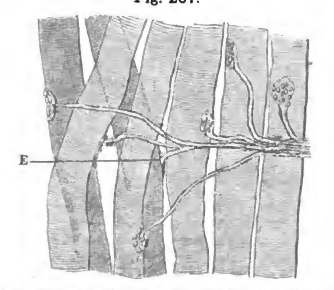
Fig. 266.

Nervenverbreitung in einem Abschnitt des M. retractor bulbi der Katze. Frisch, mit Natron. V. 50. Die Nervenstämmchen bilden zahlreiche Plexus, früher sog. Endschlingen.

In den Plexus finden sich vielfache Theilungen, meist dichotomischer Art. Stets sind die Enden der sich theilenden Nervenfaser zugespitzt, ohne jedoch ihr Mark ganz zu verlieren, welches am frisch und ohne Zusatz oder Druck untersuchten Muskel als zarte doppelte Contour erkennbar ist (Fig. 268). Der Anschein, als ob ein nackter Axencylinder allein die Verbindung an der Theilungsstelle herstelle, entsteht nur dann, wenn man nicht unter den günstigsten Umständen untersucht oder Reagentien anwendet.

Aus den feinsten Plexus treten fortwährend einzeln verlaufende Nervenfaser n aus, welche sich ebenfalls häufig theilen. Bei der ganzen Ausbreitung ist der verhältnissmässig kurze, gestreckte, und mit den Muskelfasern sich rechtwinklig kreuzende Verlauf der Stämmchen, sowie der meisten isolirten Nervenfasern charakteristisch (Fig. 267). Die einzeln verlaufenden Nervenfasern, sowie ihre Aeste, haben auch meist nur eine sehr unbedeutende Länge (z.B. 0,3 Mm.): sie erreichen ihr Ende sehr bald nach Abgang von ihren Stämmchen.

Fig. 267.



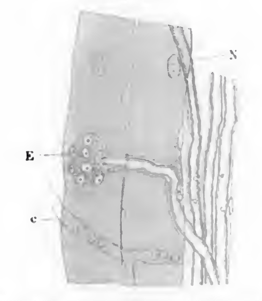
Sieben motorische Endplatten, mit welchen sich ein Nervenstämmchen an ebenso viele Muskelfasern vertheilt. Aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 24stündigem Einlegen des frischen Muskels in 1% Essigsäure. V. 200. Die Kerne des Sarcolems und der Capillargefässe sind weggelassen. *E* Endplatte mit centraler Insertion der Nervenfaser in reiner Profilansicht.

Die Durchmesser der anfangs breiten Nervenfasern nehmen gegen das Ende derselben immer mehr ab. Schliesslich spitzt sich die Faser fein zu, gerade wie bei einer Theilungsstelle. Dies zugespitzte Ende liegt dem Sarcolem unmittelbar auf und ist lange Zeit für das wirkliche vermeintlich freie Ende derselben gehalten worden. In Wahrheit tritt jede Nervenfaser an dieser zugespitzten Stelle in einen flächenhaft ausgebreiteten Apparat: die motorische Endplatte. Innerhalb derselben theilt sie sich, wie unten gezeigt wird, in blasse Aeste, und insofern kann jene Einschnürung als letzte Theilungsstelle bezeichnet werden. Bis zu derselben wird jede doppeltcontourirte Nervenfaser von kernhaltigem Neurilem begleitet.

Jede *motorische Endplatte* besteht aus einer kernhaltigen Bindegewebsmembran und einer sehr grossen Anzahl verästelter Terminalfasern. Sie liegt gewöhnlich in der Mitte der Länge ihrer quergestreiften Muskelfaser oder deren nach dem Ursprunge des ganzen Muskels gekehrtem Ende etwas näher.

Die Endplatten sind beinahe kreisförmige sehr dünne Scheiben oder manchmal von etwas ovaler Form (Fig. 268 *E*). Sie umgreifen einen beträchtlichen Bruchtheil, meistens ein Drittel des Umfanges der Muskelfasern. Ihre der letzteren zugekehrte innere Fläche wird als *Basis*, Sohlenfläche, bezeichnet; die entgegengesetzte äussere oder Rückenfläche von der Bindegewebsmembran gebildet. An der Stelle, wo die Basis mit der Muskelfaser in Berührung tritt, findet sich meistens eine flache, die Form der Endplatte nachahmende Vertiefung: das *Nerventhal* (Fig. 276). Dasselbe wird von der motorischen Endplatte vollkommen ausgefüllt und deren Dimensionen betragen (Augenmuskeln des Menschen, W. Krause, 1863, und ganz ähnlich im M. retractor bulbi der Katze) 0,04—0,06 Länge auf 0,04 Breite und nur 0,006 Dicke.

Fig. 268.



Motorische Endplatte aus den geraden Augenmuskeln des Menschen; zwei Stunden nach der Hinrichtung, ohne Zusatz. V. ca. 300. *E* Endplatte in reiner Flächenansicht. *c* Capillargefäss mit einigen Blutkörperchen sich unter den Muskelfasern hinziehend. *N* Nervenfaser eines Stämmchens, die ebenso verläuft.

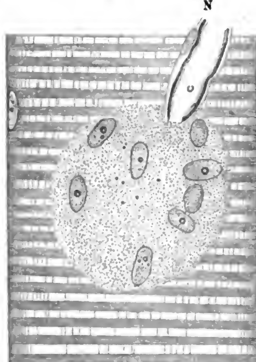
Die *Bindegewebsmembran der Endplatte* ist eine dünne Membran, an der bis jetzt keine Structur nachgewiesen werden konnte. An ihrer Innenfläche sitzen zahlreiche (8—20) *Kerne* der motorischen Endplatte; zuweilen liegen letztere auch in die Dicke der Bindegewebsmembran eingebettet. Die Kerne sind von abgeplattet-eiförmiger Gestalt; sie unterscheiden sich in Nichts von Kernen des Neurilems. Dieselben stellen im ganz frischen Zustande mattglänzende Bläschen dar, mit einem oder zwei sehr glänzenden Kernkörperchen (Fig. 268). Später trüben sie sich und durch verdünnte Säuren treten in dem Inhalt Gerinnungen ein, welche zu den allermannigfaltigsten Aneinander-Reihungen von Körnchen führen. Es entstehen daraus feinste, gerade und gekrümmte Linien etc., die zu unrichtigen Deutungen Veranlassung geben können. Durch Natronzusatz erblassend sind sie nur bei sehr verdünnten Lösungen im ersten Anfange als zarte, röthlichglänzende Bläschen erkennbar.

Vom Sarcolem unterscheidet sich die Bindegewebsmembran der Endplatte durch folgende Merkmale. Letztere ist dünner als das schärfer contourirte, resp. stärker lichtbrechende Sarcolem. Die Differenz ist ohne Messung fast auffallender als bei Anwendung des Micrometers, welches für die Bindegewebsmembran 0,0004 Dicke ergibt, während das Sarcolem 0,0005—0,0006 hat. Ferner enthält, wie erwähnt, die Bindegewebsmembran öfters zahlreiche Kerne, welche sich von den Sarcolemkernen durch geringere Länge, in der Flächenansicht mehr ovale, zugleich aber abgeplattete Form unterscheiden, während das Sarcolem im Nerventhal, wo die Endplatte aufliegt, niemals auch nur einen einzigen Kern darbietet. Die Kerne der Bindegewebsmembran stimmen aber mit denjenigen des Neurilems vollkommen überein. Endlich verhält sich zwar die Bindegewebsmembran gegen sehr ver-

dünnte Säuren ebenso resistent, wie das Sarcolem, aber nicht gegen Natron. Setzt man verdünnte Natronlauge dem frischen Präparat zu, oder übersättigt man ein solches, welches in verdünnten Säuren macerirt ist, mit derselben Natron-Lösung, so wird die Bindegewebsmembran ausserordentlich blass, wogegen das Sarcolem nur um so deutlicher hervortritt. Die Kerne der Bindegewebsmembran sind unter diesen Umständen anfangs noch zu erkennen; sie liegen ausserhalb des Sarcolems, falls man eine reine Profilansicht der Endplatte aufgefunden hat und vorausgesetzt, dass die Muskelfasern ihre cylindrische Form bewahrt haben. Durch Behandlung mit Oxalsäure (S. 494) wird die Bindegewebsmembran zerstört oder unkennbar blass, während das Sarcolem widersteht.

Continuirlich hängt die Bindegewebsmembran mit dem Neurilem der zutretenden *Nervenfaser* zusammen. Letztere zeigt nach ihrem Eintritt in die Endplatte ein verschiedenes Verhalten. Dieselbe kann, indem sie schmaler wird und sich zuspitzt, in eine einfache, blasscontourirte *Terminalfaser* übergehen. Oder sie theilt sich dichotomisch resp. trichotomisch in solche Fasern; nur einmal wurde eine vierfache Theilung mit Sicherheit beobachtet. Oder die Theilungsstelle liegt ein wenig rückwärts von der Eintrittsstelle der Nervenfaser in die Endplatte, und zwei doppeltcontourirte, aber feiner gewordene Fasern treten zusammen in die letztere und werden sogleich zu blassen Terminalfasern. Dieselben sind abgeplattet, und nicht als marklose Axencylinder zu betrachten. Vielmehr zeigen sie bei starken Vergrösserungen ausserordentlich feine, dunklere Begrenzungslinien. Sie bestehen aus einem eiweissähnlichen Körper und etwas Fett. Verfolgt man unter dem Microscop die dunkelrandige Faser in ganz frischem Zustande, so sieht man in der Flächenansicht meistens ihre ganz kurzen blassen Endäste in eine anscheinend feinkörnige Masse eingelagert, oder letztere ist allein sichtbar (Fig. 269). Sie erblasst durch Essigsäure oder Natron zum grössten Theile. Einige sparsame, etwas grössere, durch die genannten Reagentien nicht veränderliche Körnchen bleiben übrig, die, nach ihrem Lichtbrechungsvermögen zu urtheilen, Fett sind. Die anscheinend feinkörnige Substanz (Nervenplatte) liegt wie eine dünne Haut zwischen der Bindegewebsmembran der Endplatte und dem Sarcolem. Auf der Profilansicht sieht letzteres öfters feingezähnelt aus, und es ist die dem Sarcolem zugekehrte Fläche der feinkörnigen Masse, welche die erwähnte (S. 489) Basis der Endplatte bildet, nicht glatt, sondern mit feinsten Hügeln besetzt. Die scheinbar feinkörnige Masse enthält niemals Kerne, die vielmehr ausschliesslich der Bindegewebsmembran der Endplatte angehören.

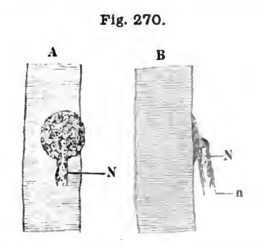
Fig. 269.



Endplatte aus dem M. retractor bulbi der Katze; frisch, ohne Zusatz. V. 1000. Reine Flächenansicht. Der Focus ist auf die Oberfläche der Muskelfaser eingestellt, deren Querlinien nicht sichtbar. *N* Nervenfaser.

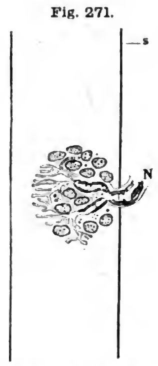
Die doppeltcontourirte Primitivfaser kann nun entweder nahe dem Centrum der Endplatte in letztere eintreten (Fig. 270), oder seitlich am Rande derselben. Im letzteren Falle divergiren die blassen Terminalfasern unter einem meist sehr spitzen Winkel, im ersteren Falle können sie nach beinahe entgegengesetzten Richtungen verlaufen. Seltener ereignet es sich, dass eine Nervenfaser sich in zwei kurze, feine, doppeltcontourirte Fasern theilt, die in zwei seitlich mit einander verschmolzene Endplatten übergehen; man kann dann ebensogut eine einfache Endplatte annehmen, die doppelt so lang als breit ist.

Fig. 270.



Muskelfaser aus dem M. retractor bulbi der Katze nach mehrtägigem Einlegen in doppeltchromsaures Kali von 2 % durch Zerfasern isolirt. V. 300/200. *A* Flächenansicht, die Endplatte ist etwas in ihrem Durchmesser geschrumpft, genau kreisrund, die Kerne stehen sehr nahe beisammen; der Inhalt der in das Centrum der Platte eintretenden noch anhaftenden Nervenfaser ist krümlig geronnen; ebenso der Inhalt der Kerne. Das Sarcolem setzt sich unter der Endplatte fort. *B* Profilansicht derselben Endplatte, nachdem die Muskelfaser durch Verschieben des Deckgläschens um ihre Längsaxe rotirt war. Das Sarcolem setzt sich unter der Stelle fort, wo die Endplatte aufliegt. *N* Nervenfaser. *n* Neurilem.

Fig. 271.



Längsschnitt aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 24 stündigem Einlegen des ganz frischen Muskels in Chlorwasserstoffsäure von 1 : 700. V. 500. Nur eine Muskelfaser ist angegeben, die contractile Substanz durch Quellung zerstört. *s* Sarcolem. *N* Nervenfaser. Dieselbe theilt sich in zwei doppeltcontourirte feinere Fasern, welche sich in viele blasse Terminalfasern auflösen.

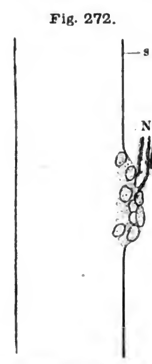
Im frischen Zustande lässt sich über die Beschaffenheit der anscheinend feinkörnigen Masse nichts weiter ermitteln; durch bessere Hülfsmittel zeigt sich, dass sie in Wahrheit eine ausserordentlich reichhaltige Nervenverzweigung von blassen Terminalfasern darstellt. Dieselben gehen aus mehrfach wiederholten, successiven Theilungen der oben beschriebenen stärkeren Terminalfasern hervor. Letztere sollen als *Terminalfasern erster Ordnung* bezeichnet werden. Zuweilen bleibt eine derselben ungetheilt und dann ist mitunter schon im frischen Zustande eine *knopfförmige Endanschwellung* daran zu erkennen. Legt man aber den ganz frischen M. retractor bulbi der Katze 24 Stunden lang in Chlorwasserstoffsäure (1 : 700), so zeigt die Flächenansicht der Endplatten die eben beschriebene Verästelung (Fig. 271). Diese feineren ebenfalls kolbenförmig endigenden Aestchen heissen *Terminalfasern zweiter Ordnung*.

In der Profilansicht erkennt man sofort, was die oben erwähnte feine Zähnelung in dem Nerventhal zu bedeuten hat. Es sind die knopfförmigen Endanschwellungen der feinen blassen Terminalfasern zweiter Ordnung, die am frischen ohne Zusatz untersuchten Präparat diesen Eindruck machen.

Das Bild sieht nach Anwendung von Chlorwasserstoffsäure so aus, als ob die blassen Terminalfasern in das Innere des Sarcolems hineinragten (Fig. 272).

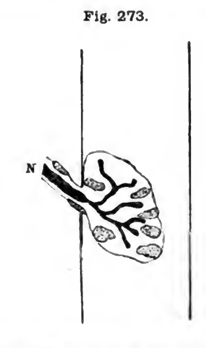
Behandelt man frische Muskeln mit Goldchlorid, so färbt sich bei nachträglicher Reduction die contractile Substanz ziemlich dunkel. Auf derselben erkennt man dann die noch intensiver gefärbten Terminalfasern, welche ganz dasselbe Bild geben, wie es soeben aus den Chlorwasserstoffsäure-Präparaten beschrieben wurde. Auch die Kerne der Endplatte, sowie das Mark der

Fig. 272.



Aus demselben Präparat wie Fig. 271. Die Muskelfaser zeigt eine Endplatte in der Profilansicht. Dieselbe liegt scheinbar innerhalb des Sarcolems, weil die Kerne der Endplatte letzteres verdecken. Es zeigen sich viele der contractilen Substanz zugekehrte knopfförmige Endigungen der blassen Terminalfasern, welche fast in einer Reihe gelegen sind. *s* Sarcolem. *N* Nervenfaser.

Fig. 273.



Motorische Endplatte aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Einlegen in 0,1%iges Goldchlorid 2 Stunden lang und 24stündige Réduction in Wasser und Tageslicht. Von der dunkelgefärbten Muskelfaser sind nur die Contouren des Sarcolems angegeben. V. 700. Flächenansicht, in welcher die Endplatte dunkel gefärbte verästelte Terminalfasern zeigt. *N* doppeltcontourirte Nervenfasern.

dunkelrandigen Nervenfaser färben sich schwarz. Mitunter sind die Nerventheilungen weniger zahlreich und dann findet man knopfförmig endigende Terminalfasern erster Ordnung. Ueberhaupt ist die Reichhaltigkeit der Nerven-Verästelung innerhalb der motorischen Endplatte einigermaassen verschieden (Fig. 273). — Wendet man concentrirtere Lösungen von Goldchlorid an, so färbt sich die ganze scheinbar feinkörnige Masse der blassen Terminalfasern zweiter Ordnung ebenfalls dunkel.

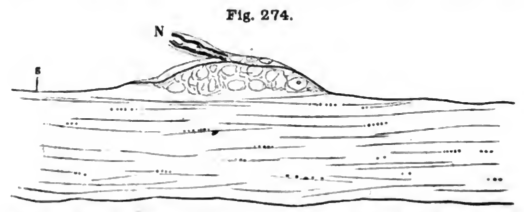
Welche Untersuchungsmethode auch benutzt werden möge, so zeigt sich nur selten eine reine Flächenansicht der Endplatte. Profilansichten sind häufig und auf denselben erscheint die letztere mitunter als flache Hervorwölbung des Sarcolems. In anderen Fällen ist die Durchschnittslinie der Bindegewebsmembran mehr oder weniger genau in der Richtung der Sarcolem-Linie gelegen. Da die motorischen Endplatten das Sarcolem als eine Auflagerung auf dasselbe umgreifen, so erhält man am frischen Präparat bei verschiedener Focus-Einstellung entweder die reine Profilansicht oder man sieht einen Theil der Endplatte von der Fläche. Diese Ansichten machen

nun ganz den Eindruck, als ob die Nervenfaser das Sarcolem durchbohre und mit einem Kernhaufen an dessen Innenfläche ausgebreitet sei, ähnlich wie ein platter Knopf, der in sein Knopfloch eingeknöpft ist. Liegt die Endplatte unter dem Microscop auf der nach oben gekehrten Seite der cylindrischen Muskelfaser, so wird sie beim Senken des Focus zuerst deutlich, und erst bei weiterem Senken tritt die Querstreifung der letzteren zu Tage. Liegt dagegen die Endplatte unter der Muskelfaser, so erhält man wiederum, da die Querstreifen die Endplatte bedecken, sehr leicht den Eindruck, als ob die letztere im Innern der Faser gelegen wäre. (Ueber eine andere Quelle optischen Irrthums s. unten Muskel-Irritabilität, S. 501.) In noch höherem Grade wirken diese Täuschungen bei den in Essigsäure etc. macerirten Präparaten. Denn bei der dadurch veranlassten Weichheit der Muskelsubstanz ist es häufig unvermeidlich, dass die Muskelfasern während der Manipulation anstatt ihrer cylindrischen Form eine abgeplattete annehmen. Dann werden die Focusänderungen, die nöthig sind, um die über oder unter der Muskelfaser gelegenen Endplatten, sowie die Querlinien der ersteren zur Anschauung zu bringen, so gering, dass sie leicht durch Accomodation des beobachtenden Auges ersetzt werden.

Die Hauptschwierigkeit liegt in dem Umstande, dass die Endplatten sehr dünn sind. Ihre Dicke ist im Centrum der Platte am grössten, und nimmt nach den Rändern hin ab. Sie beträgt nicht mehr als 0,0006—0,0008. In den meisten scheinbaren Profilansichten (z. B. 270 *B*) ist folglich gar nicht die wahre Dicke der Platte sichtbar, und man kann daher zu dem irrthümlichen Glauben kommen, die Endplatten wären bald dünner, bald dicker oder mehr hügelförmig. Wegen dieses unbedeutenden Dickendurchmessers (Fig. 275) erscheint es nicht immer leicht zu bestimmen, ob die Endplatte ausserhalb oder innerhalb des Sarcolems liegt. Dazu kommt noch ein anderer Umstand. Die Endplatte ist mit dem Sarcolem verwachsen. Die von einem benachbarten Stämmchen sich abzweigende zugehörige Nervenfaser zerrt am Sarcolem mittelst der daran festhaftenden Platte, sobald irgend ein Zug stattfindet, der die Muskelfasern aus ihrer Lage zu bringen strebt. Eine solche Zugkraft ist stets vorhanden, wenn man verdünnte Säuren anwendet, wegen der dadurch bedingten Aufquellung des zwischen den Muskelfasern befindlichen Bindegewebes. Die Muskelfaser selbst aber stellt einen Schlauch dar, der sehr leicht Form-Aenderungen eingeht. Wenn sie auch kein einfach mit Flüssigkeit gefülltes Rohr ist, sondern von den Grundmembranen und Seitenmembranen der Muskelkästchen (S. 87) durchzogen wird, so folgt sie doch, wie bekannt, wegen ihres grossen Gehalts an Muskelkästchen-, sowie interstitieller Flüssigkeit mit Leichtigkeit jeder Einwirkung, welche ihre Form zu verändern strebt. Aus diesem Grunde findet man an den Säure-Präparaten so leicht Hervorragungen oder Hügel an denjenigen Stellen, wo die Nervenfaser endigt. Dieselben sind Kunstproducte, entstanden durch Zerrung, welche die Nervenfasern auf das Sarcolem ausüben. Unter diesen Umständen wölbt sich letzteres zu einem kleinen Hügel, dessen Dicke öfters für die Dicke der Endplatte gehalten worden ist. In Wahrheit aber überzieht die Endplatte als äusserst dünne Schicht das hervorgewölbte Sarcolem (Fig. 274). Dieselben Verhältnisse finden sich auch an Profilansichten, die durch Querschnitte von Muskelbündeln gewonnen wurden. Man kann solche nach vorheriger Behandlung mit verdünnten Säuren und Trocknen, oder am gefrorenen Muskel, oder am ganz frischen Muskel erhalten. Nur bei sehr vorsichtiger Manipulation erscheint im letzteren Falle auf reinen Querschnitten die Endplatte in ihrer wahren Dicke (Fig. 275).

Wendet man Oxalsäure an, um die Muskelfasern nebst ihren Endplatten zu isoliren, so bleiben die Querlinien erhalten. Nach dieser Behandlung

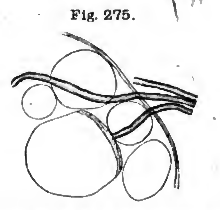
Fig. 274.



Motorische Endplatte aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Frisch mit Natron. V. 700. Das Sarcolem ist zu einem Hügel emporgehoben, unter welchem die Kerne der Endplatte durchschimmern und scheinbar innerhalb des Sarcolems liegen. Die wahre Dicke der Platte ist sehr gering. *N* Nervenfaser. *s* Sarcolem.

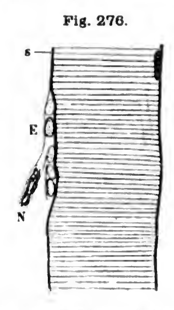
(Fig. 276) fällt der Muskel entweder von selbst in seine einzelnen vollkommen unversehrten Muskelfasern aus einander, oder dieselben sind doch auf's Leichteste durch gelindes Schütteln mit Wasser in einem Probirgläschen von einander zu sondern. Die Fasern behalten dabei, wenn sie vorsichtig behandelt

Fig. 275.



Querschnitt aus dem M. retractor bulbi der Katze, mit der Scheere angefertigt, ganz frisch, ohne Zusatz. Eine Nervenfaser endigt in einer motorischen Endplatte, die in reiner Profilansicht erscheint. Ihre Dicke ist sehr unbeträchtlich; sie liegt ausserhalb des Sarcolems. Die Muskelfaser, an welcher die Endplatte haftet, hat einen beträchtlicheren Durchmesser als die übrigen des secundären Muskelbündels, von denen nur fünf in der Zeichnung angegeben sind. Die übrigen Muskelfasern sind mithin nicht gerade in ihrem dicksten Theile, entsprechend der Mitte ihrer Länge, vom Schnitt getroffen. Die contractile Substanz ist nicht angegeben. V. 450. Unter den Nervenfasern erscheint das Perimysium internum auf dem Querschnitt.

Fig. 276.

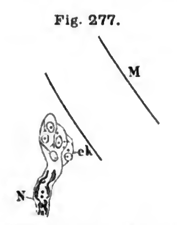


Muskelfaser aus dem M. retractor bulbi der Katze isolirt. Zweistündiges Einlegen in concentrirte Oxalsäure-Lösung, dann 24 Stunden in Wasser, welches auf 65° erhalten wurde. V. 800. *s* Sarcolem, welches an der Stelle, wo die Endplatte aufliegt, eingebogen ist und ein Nerventhal bildet. *N* Nervenfaser. *E* Endplatte, welche vier Kerne zeigt. An der Muskelfaser sind die Querlinien deutlich.

werden, ihre cylindrische resp. prismatische Form. Auf diese Art findet man an isolirten Muskelfasern mit Leichtigkeit die ansitzenden doppeltcontourirten Nervenfasern. Wo sie endigen, zeigt sich in der reinen Profilansicht an Stelle der Endplatte eine Reihe von Kernen, die meistens ganz frei dem Sarcolem aufliegen. Zuweilen erhalten sich noch Reste der Bindegewebs-

membran, welche die motorische Endplatte überzieht. In dem Nerventhal aber sieht man das Sarcolem als breite glänzende Contour zwischen den Querlinien und den Kernen der motorischen Endplatte sich hinziehen und mit den Querlinien im continuirlichen Zusammenhange, während die anisotrope mit der isotropen Substanz homogen resp. glashell durchsichtig geworden ist. Mit dieser Methode ist es auch leicht, Endplatten resp. ihre Bindegewebsmembran von den zugehörigen Muskelfasern abfallen zu machen. Man findet bei der Verfolgung von Nervenfasern, die von den kleinsten Stämmchen abtreten, die betreffenden Kernhaufen an ihrem Ende ansitzend. Ersteres gelingt, in seltenen Fällen, ebenso nach Anwendung von Chlorwasserstoffsäure (Fig. 277), während man Muskelfasern mit ansitzenden Endplatten gleichfalls durch vierstündige Behandlung mit concentrirter Salpetersäure und nachträgliches Einlegen in Glycerin isoliren kann. Diese Methode lässt die Kerne, sowie den krümlig gewordenen Inhalt der Nervenfasern noch erkennen. Auch das Sarcolem bleibt unter diesen Umständen resistent. Die concentrirte Säure zerstört aber die Bindegewebsmembran der Endplatten.

Fig. 277.



Motorische Endplatte aus dem M. retractor bulbi des Igels. Nach zwölfstündigem Einlegen des Muskels in Chlorwasserstoffsäure von 50 %. In diesem seltenen Falle haftete die Endplatte noch an der zugehörigen Muskelfaser. Durch leises Verschieben des Deckgläschens wurde die Endplatte im Zusammenhang mit einem Stück der doppeltcontourirten Nervenfaser isolirt. Die Bindegewebsmembran der Endplatte ist in Folge der kürzeren Einwirkung der Säure noch zu erkennen, die Kerne derselben sind durchsichtig geblieben und zeigen ein oder zwei Kernkörperchen. *M* Muskelfaser, die Querstreifung ist verschwunden. *N* Nervenfaser. *ek* Kern der isolirten Endplatte.

Vertheilung der Endplatten im Muskel. Obgleich die hier gegebene Beschreibung hauptsächlich auf Untersuchung des M. retractor bulbi der Katze beruht, weil dieser unter den Säugermuskeln bei weitem das beste bisher bekannt gewordene Untersuchungsobject darstellt, so kehren doch die wesentlichen Verhältnisse in sämmtlichen Muskeln der Säugethiere und namentlich des Menschen wieder.

Auch die längsten Muskelfasern der grössten Muskeln besitzen nur eine einzige Endplatte. Nervenfreie Muskelfasern existiren nicht, und wenn bei Zählungsversuchen mehr Muskelfasern als Endplatten gefunden werden, so dürfte dies davon abhängen, dass erstere sich manchmal theilen (S. 81). Sind hiernach in dieser Hinsicht alle Muskeln gleich intensiv mit Endplatten versehen, so erscheinen diejenigen mit längeren Fasern schon aus diesem Grunde ärmer an Nerven, ihre Endplatten seltener. Hiervon abgesehen gibt es Verschiedenheiten in Betreff derjenigen Anzahl von Muskelfasern, welche in verschiedenen Muskeln von einer einzigen aus den Centralorganen entspringenden Nervenfaser versorgt werden. Muskeln, die feinere Bewegungen ausführen (z. B. des Auges), kleinere Muskeln und gleichnamige Muskeln kleinerer Thiere erscheinen hierbei bevorzugt.

Ungefähr 10 motorische Endplatten auf eine Nervenfaser des Stammes zeigt der M. retractor bulbi der Katze (W. Krause, 1869) und der M. rectus oculi externus des Schafes (Merkel mit Tergast, 1872); beide Muskeln werden vom N. abducens versorgt. Durchschnittlich kommen beim Schaf 6—7 Muskelfasern auf eine Nervenfaser der Augenmuskeln; nur 3—4 im M. obliquus inferior; beim Menschen dagegen 3,3 im M. rectus externus; 2,0 im M. rectus inferior und nur 1,7 im M. rectus internus (Tergast) Bei jungen Hunden resultirt im M. biceps brachii ein Verhältniss von 83—125 : 1; im M. sartorius von 40—60 : 1; in den Schwanzmuskeln der Maus von 28—29 : 1. Reichert (1851) zählte im Brusthautmuskel des Frosches 7—10 Nervenfasern des Stammes auf 160—180 Muskelfasern, deren Endplatten 290—340 doppeltcontourirte Aestchen erhalten. Obiges Verhältniss stellt sich wie 23—27 : 1, da der Nervenstamm einige sensible Fasern führt.

Vergleichend-Histologisches. Zwischen den motorischen Endplatten der Säugethiere sind die Unterschiede sehr gering: kleinere Thiere haben sparsamere Kerne (was auch von den Vögeln gilt) und die Bindegewebsmembran ist dünner. Meistens erscheint der Endplatten-Durchmesser der Dicke der zugehörigen Muskelfaser direct proportional. Wahrscheinlich bei allen Säugern kommen mitunter Theilungen der in die Endplatte eintretenden Nervenfaser in doppeltcontourirte Aeste (Fig. 271) vor; bei der Fledermaus sogar in fünf Aeste (Sachs, 1875, im M. transversus abdominis); sie sind jedoch in den Augenmuskeln (z. B. M. retractor bulbi der Katze) häufiger als bei Vespertilio murinus und Vesperugo pisistrellus zu finden (W. Krause). Alle höheren Wirbelthiere besitzen rundliche Endplatten: den Uebergang zu den niederen bilden die Schildkröten, bei denen sie ovale Scheiben darstellen. Sehr bequem zu untersuchen sind die Intercostalmuskeln der Eidechse (Lacerta agilis, Fig. 273) wegen grosser Durchsichtigkeit der Muskelsubstanz. Die nackten Amphibien und Knochenfische zeigen sehr dünne länglich-elliptische Weidenblatt-förmige Endplatten.

Endplatten des Frosches. Auch bei diesem Thier erhält jede Muskelfaser nur eine einzige Endplatte (W. Krause, 1868) ungefähr in der Mitte ihrer Länge. Man legt parallelfasrige Muskeln kleinerer Frösche eine halbe Stunde lang in concentrirte Oxalsäure-Lösung und kocht eine Minute in destillirtem Wasser, um den Muskel in seine Fasern zu spalten. In der Profilansicht ziehen sich die Endplatten als dünne kernhaltige Contouren längs der Muskelfaser hin (Fig. 278) und werden an nicht mit Oxalsäure behandelten Präparaten leicht übersehen. Die Flächenansichten sind zwar so ziemlich mit jeder Methode leicht darzustellen, aber wenig charakteristisch. Bei den genannten niederen Wirbelthieren sind nämlich die Theilungen der motorischen Nervenfasern viel häufiger; es gehen zahlreichere Aeste aus einer Spaltungsstelle hervor und zu der Endplatte treten mehrere doppeltcontourirte zugleich dünnere Nervenfaserzweige. Die Kerne der motorischen Platte aber sind viel weiter aus einander gerückt, die Terminalfasern dicker und sparsamer, auch sie endigen kolbig (Fig. 279). Daher fehlt die anscheinend feinkörnige Substanz der rundlichen Endplatten (Fig. 269): die ganze Anordnung ist gleichsam gröber. Als getrennte, mehr geradlinige Gebilde erscheinen die Terminalfasern einiger Endplatten; dabei tritt nach Behandlung mit verdünnten Säuren sehr gewöhnlich die Möglichkeit hervor, Flächenansichten (Fig. 280) für Profilansichten zu halten. Rotirt man isolirte Muskelfasern um

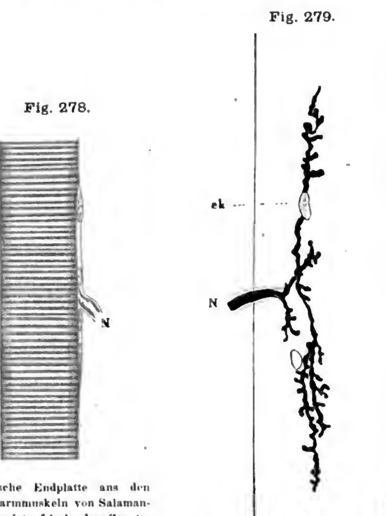


Fig. 278.

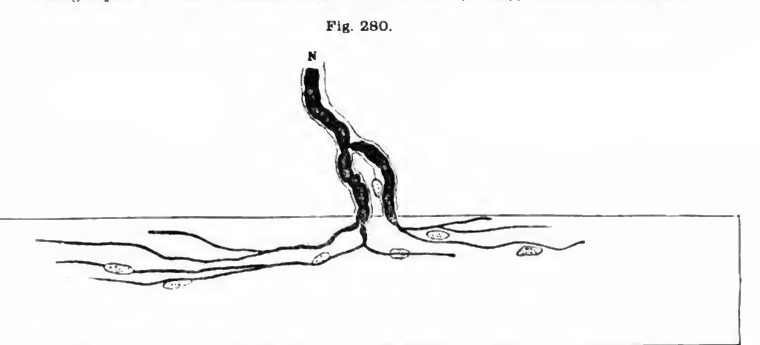
Motorische Endplatte aus den Vorderarmmuskeln von Salamandra maculata, frisch, ohne Zusatz. Reine Profilansicht einer langen, mit drei Kernen versehenen Endplatte. V. 700. *N* Nervenfaser. Die Querstreifung ist schematisch.

Fig. 279.

Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches, in Flächenansicht. Nur die Contouren der Muskelfaser, die Nervenfaser und die verästelten blassen Terminalfasern sind angegeben. Durch zweistündiges Einlegen in Goldchlorid von 1:1000 und 24stündiges in Chlorwasserstoffsäure (1:1000) sind die genannten Form-Elemente dunkel gefärbt. V. 1000. *N* Nervenfaser. *ek* Kern der Endplatte.

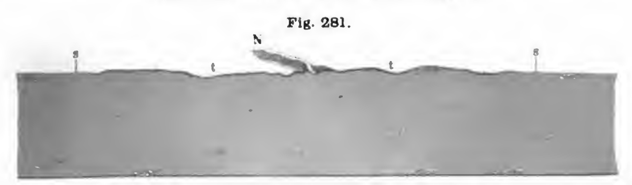
ihre Längsaxe, so erscheint (in zuweilen überraschender Weise) die wahre Profilansicht (Fig. 281) der sehr dünnen Platte. Die Insertion der Nervenfaser kann central (Fig. 279. Fig. 281) oder auch peripherisch (Fig. 282) stattfinden. Eines der günstigsten Untersuchungsobjecte ist der Brusthautmuskel des Frosches (S. 495); derselbe enthält die

Fig. 280.



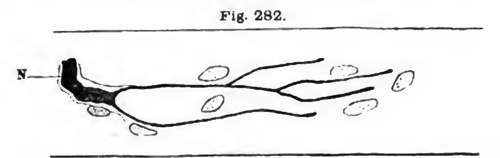
Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Alles wie in Fig. 279. Flächenansicht. Die blassen Terminalfasern erster Ordnung sind unverästelt.

Fig. 281.



Dieselbe Muskelfaser mit Endplatte von Fig. 280. Nach Rotation um die Längsaxe der ersteren erscheint die motorische Endplatte in *reiner* Profilansicht. Die contractile Substanz ist violett, dieselbe sowie die Muskelkerne sind gezeichnet. Von der Endplatte sind nur zwei feine dunkelgefärbte Terminalfasern *tt* sichtbar. Sie endigen bei *s*, wo das Sarcolem beginnt erkennbar zu werden. An der Endigung der doppeltcontourirten Nervenfaser liegt ein im Holzschnitt zu dunkel gehaltener Kern.

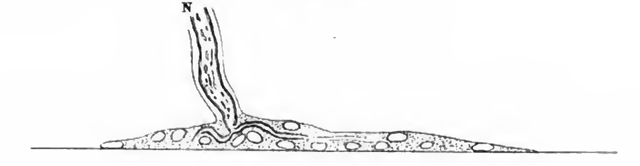
Fig. 282.



Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Alles wie in Fig. 279. Flächenansicht. Die blassen Terminalfasern erster Ordnung sind unverästelt. Die doppeltcontourirte Nervenfaser tritt ausnahmsweise an dem einen Ende in die Endplatte.

Muskelfasern in einfacher Reihe oder in doppelten parallelen Reihen geordnet. Auch beim Frosch sind die Enden der Muskeln von motorischen Nerven frei (W. Krause, 1868): was Kühne (1862) als mehrfache Nervenendigungen an derselben Muskelfaser abbildete, während die Endplatten noch nicht bekannt waren, sind Capillargefässe.

Fig. 283.



Motorische Endplatte aus den Brustflossenmuskeln von Torpedo Galvanii, ohne Zusatz. V. 350. Reine Profilansicht, von der Muskelfaser sind nur die Contouren des Sarcolems gezeichnet. *N* Nervenfaser, die mit zwei doppeltcontourirten Endästen in die Endplatte tritt. Einer derselben geht in eine blasse Terminalfaser über.

Fig. 284.

s
an
Q
E
N
k

Muskelfaser aus den Schenkelmuskeln von Hydrophilus piceus. Nur ein Theil der Breite der Faser ist gezeichnet. Frisch, ohne Zusatz. V. 1000. *s* Sarcolem. *an* dunkles Querband, im Holzschnitt etwas zu dunkel ausgefallen. *Q* Querlinie. *k* Kern nahe unter dem Sarcolem gelegen. *E* Motorische Endplatte mit sechs Kernen in der Profilansicht. *N* Nervenfaser.

Bei den **Knochenfischen** finden sich dieselben Verhältnisse wie bei nackten Amphibien.

Dagegen gleichen die kleinen Endplatten von Petromyzon fluviatilis (Waldeyer, 1863) durch ihre rundliche Form denen der höheren Wirbelthiere.

Plagiostomen. Sehr grosse (bis 0,2 Durchmesser) ausserhalb des Sarcolems gelegene (Fig. 283) Endplatten besitzen Raja (Boll, 1873) und Torpedo (Trinchese, 1866); die der Augenmuskeln sind beim Zitterrochen kleiner (W. Krause, 1869), die Durchmesser auch hier, wie bei den höheren Wirbelthieren, der Muskelfaserdicke annähernd proportional (W. Krause).

Unter den **Wirbellosen** haben die Insecten rundliche Endplatten von beträchtlicher Dicke (Nervenhügel), deren mehrere an derselben Muskelfaser sitzen. Bei Trichodes (Engelmann, 1864) sind sie sogar glockenförmig, aber nicht ausgehöhlt, resp. kegelförmig. Die überhaupt marklosen Nervenfasern durchbohren das Sarcolem (Mayer, 1854; Kühne, 1859; Engelmann, 1863; W. Krause, 1869; Fig. 285). Beide Differenzen erklären sich aus dem Umstande, dass jede Muskelfaser aus mehreren embryonalen Zellen (Weismann, 1862) statt aus einer einzigen wie bei den Wirbelthieren sich entwickelt. Bei letzteren erscheint die Endplatte im frühesten beobachteten *Entwicklungsstadium* (W. Krause, 1869) als eine der spindelförmigen Muskelfaser parallele und neben der Mitte ihrer Länge gelegene Reihe von zwei bis vier Kernen.

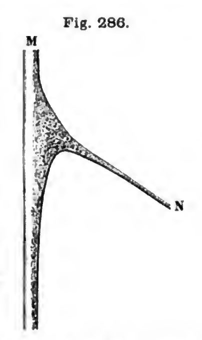
Die Endplatten der Crustaceen gleichen denjenigen der Insecten; ebenso die der Spinnen.

Arctiscon Milnei s. Milnesium tardigradum, das Bärthierchen, zeigt kegelförmige Ansätze der feingranulirten Nervenfasern an die Muskelfaser (Fig. 286, nach Doyère, 1840). Jeder *Endkegel*, Doyère'scher Hügel, hat einen Kern (Greeff, 1865); Sarcolem und Neurilem sind nicht nachgewiesen. Die Muskelfasern gehen jede aus einer einzigen Zelle hervor; dem entsprechend liegen die Endkegel den ersteren nur äusserlich an. Analog verhalten sich einige Mollusken, Strahlthiere und Polypen (s. W. Krause, die motorischen Endplatten, 1869).

Fig. 285.

Muskelfaser aus den Schenkelmuskeln von Musca vomitoria. Frisch mit Wasser. V. 1000. *s* Sarcolem, an der Eintrittsstelle der Nervenfaser unterbrochen. *an* Dunkele Querbänder, längsgestreift durch die Seitenmembranen der Muskelkästchen. *Q* Querlinie, scheinbar punktirt. *N* Nervenfaser, in einer mit sieben Kernen versehenen motorischen Endplatte endigend. Letztere erscheint in Flächenansicht.

Fig. 286.



Muskelnerven-Endigung bei Arctiscon Milnei, Bärthierchen. Stärkere Vergrösserung. *N* Nervenfaser. *M* Muskelfaser.

Nervenknospen. Beim Frosch im Frühjahr, bei Säugethieren noch während des halberwachsenen Zustandes findet eine Faser-Vermehrung durch Längstheilung statt. Budge (1859) zählte z. B. im M. gastrocnemius eines 13 Mm. langen jungen Frosches 1053 Muskelfasern: bei einem alten 80 Mm. langen dagegen 5711. Die Vermehrung muss nach bestimmten Gesetzen erfolgen, da nach Aeby (1862) links- und rechtsseitige Muskeln desselben Frosches sehr nahe dieselbe Faser-Anzahl besitzen. Als grösste Differenz zwischen links und rechts fand sich für den M. sartorius 522 : 546. Jene Vermehrung geschieht, indem die Nervenfaser der Endplatte wuchert; sie bildet Knäuel doppeltcontourirter, aus Theilung hervorgegangener Fasern: *Nervenknospen* (Kölliker, 1862); Muskelknospen; Muskelspindeln (Kühne bei der Maus, Ratte, 1863, und dem Kaninchen, 1864). Mit diesen Bildungen dürfen die in den Muskeln des Huhnes (W. Krause, 1863) vorkommenden Nervenknäuel (S. 521) nicht verwechselt werden.

Nach Nervendurchschneidungen entarten die Nervenfasern der Muskeln fettig und zwar beginnt (W. Krause beim Kaninchen, 1861) die Degeneration an den Enden innerhalb der Endplatte; ebenso beim Frosch (Sokolow, 1874).

Historisches. Theilungen doppeltcontourirter Nervenfasern in den Muskeln wurden von J. Müller und Brücke (1844, beim Hecht) entdeckt. Die letzten scheinbar freien Enden solcher Fasern sah R. Wagner (1847). Die Auffindung der rundlichen Endplatten bei höheren Wirbelthieren geschah ungefähr gleichzeitig durch Rouget (29. Sept. 1862) und W. Krause (28. Jan. 1863); die der länglich elliptischen durch Waldeyer (1863, bei Knochenfischen und einmal beim Frosch); die der rundlichen Endplatten bei sog. Knorpelfischen durch Waldeyer (1863) und Trinchese (1866). W. Krause (1868) zeigte, dass jede Muskelfaser beim Frosch nur Eine längliche Endplatte erhält. Dreieckige Ansätze der Nerven- an die Muskelfasern waren bei Wirbellosen schon Doyère (s. oben) bekannt, ferner Quatrefages (1841 bei Eolidina, auch bei Amphioxus, 1845), Kölliker (1850, Chironomuslarve), Meissner (1854) bei Nematoden, wo sie von Bütschli (1873) bestätigt und in der That bei Ascaris lumbricoides (W. Krause) nachzuweisen sind. Verästelung der Nervenfaser innerhalb des Sarcolems beschrieben Mayer (1854, bei Dyticus) und Kühne (1859, bei Hydrophilus piceus).

Gefässnerven der quergestreiften Muskeln. In den quergestreiften Muskeln der Säuger gibt es ausser den motorischen, ausnahmslos mit Endplatten in Verbindung stehenden Nervenfasern, noch andere, welche von den letzteren wesentlich verschieden und namentlich viel sparsamer vorhanden sind. Am besten kennt man sie aus dem M. retractor bulbi der Katze und den Augenmuskeln; ferner auch aus kleinen Muskeln vom Frosche.

An Essigsäure-Präparaten sieht man neben den kleineren Arterien der erstgenannten Muskeln (S. 533) sehr häufig Nervenstämmchen verlaufen, welche aus 1—3 doppeltcontourirten aber schmalen und 2—6 blassen, kernführenden Nervenfasern bestehen. Sie sind ursprünglich in der Scheide der noch mit blossem Auge sichtbaren, motorischen Nervenstämmchen enthalten und verlassen dieselbe innerhalb des Bindegewebes zwischen den secundären Muskelbündeln, um zu den Arterien daselbst überzutreten. Die Stämmchen verlaufen manchmal stark geschlängelt parallel den Arterien und zum Theil dieselben umwindend; sie theilen sich, wenn die Arterien Aeste abgeben, um sich letzteren anzuschliessen und es kommen auch Theilungen der dunkelrandigen Fasern vor. An den kleinsten Arterien findet man die aus den wenigsten Fasern bestehenden Stämmchen; die blassen Nervenfasern verlieren sich isolirt an der Muscularis, ohne die Art der Endigung genauer erkennen zu lassen. Die Nervenfasern endigen in der Muscularis selbst und sind ohne Zweifel für die glatten Muskelfasern der letzteren Haut bestimmt, analog den blassen Nervenstämmchen im Darmkanal (S. 483). Die sparsamen doppeltcontourirten Fasern sind ihrem geringen Durchmesser nach sensible Elemente; sie werden das sogenannte Muskelgefühl zu vermitteln haben. Wie dieselben endigen ist zweifelhaft; im Muskel selbst sind ihre Endigungen bis jetzt nicht nachzuweisen, wenn man von dem, wie unten erwähnt, vermutheten die Muskelfasern umspinnenden Terminalnetz absieht. Es wäre nicht unmöglich, dass sie nur die Gefässnerven gleichsam benutzten, um vermittelst derselben zu ihrem Endigungspunkte zu gelangen, der möglicherweise in einem sensiblen Terminalkörperchen (S. letztere) gelegen sein könnte.

Andere einfach-sensible, nicht im Muskel, sondern in dessen Nachbarschaft, z. B. der darüberliegenden Haut, endigende Nervenfasern können in den Muskelnervenstämmchen verlaufen.

Solche sind namentlich im Brusthautmuskel des Frosches nachgewiesen (Reichert, 1851). Sie gehen in blasse von Neurilem bekleidete Endfasern über und in andere Hautmuskeln des Frosches treten sie nicht mit den motorischen Stämmchen, sondern von denselben entfernt ein (Kölliker, 1862). Sie scheinen mit freien spitzen Enden aufzuhören (Kölliker; Odenius, 1872, beim Frosch und bei der Maus); Sachs (1873, Brusthautmuskel des Frosches); sind aber nach Odenius bis an's Ende von Neurilem bekleidet. Die in das Perimysium externum des Brusthautmuskels zu verfolgenden Nervenfasern gehören ohne Zweifel der äusseren Haut an. S. a. zweifelhafte Nervenendigungen (S. 535).

Nach Sachs (1875) erhält beim Frosch der Brusthautmuskel eine, der M. sartorius zwei feine doppeltcontourirte für die Muskeln selbst bestimmte Nervenfasern, die sich schon durch ihren complicirten, zum Theil schleifenförmigen Verlauf vor den motorischen Nervenfasern auszeichnen. Sie verlassen das Rückenmark vermittelst der hinteren Nervenwurzeln und endigen mittelst eines Geflechts feiner blasser Endfasern, das einzelne Muskelfasern zu umspinnen scheint. Aehnliche sensible Muskelnerven kommen allen Wirbelthieren (Fledermaus, Kaninchen, Ratte, Maus, Taube, Eidechse, Hecht), namentlich in den Augenmuskeln, zu.

Muskel-Irritabilität. Ob die wunderbare Kraftmaschine, wie Du-Bois-Reymond die quergestreifte Muskelfaser nennt, sich ohne vermittelnden Nerven-Einfluss verkürzen könne, ist eine hundertjährige Controverse. Wird die Frage bejahend beantwortet, so ist die *Muskel-Irritabilität* erwiesen.

Es gibt viele indirecte Beweisführungen. Direct gelöst ist die Aufgabe, wenn gezeigt wird, dass gänzlich nervenfreie Muskelstückchen sich contrahiren. Dieser Weg wurde von Valentin (1839), R. Wagner (1851), Kölliker (1856), Kühne (1859) betreten. Namentlich erklärten Wagner, Billroth und Meissner (1851) einzelne Parthien eines beim Zitterrochen vom hinteren oberen Ende des Oberkiefers zum Schädelflossenknorpel sich erstreckenden Muskels in einer Ausdehnung von 10 Mm. für nervenfrei; ebenso Kühne (1862) die Enden des M. sartorius beim Frosch, deren Länge Gerlach (1874) auf 1 Mm. angegeben hat. Sie mögen auf höchstens den siebenten Theil der Länge des ganzen Muskels zu schätzen sein; indessen können darin sensible Nervenfasern sich finden.

So lange aber die motorischen Endplatten unbekannt waren, blieb es zweifelhaft, ob in den zur Contraction gebrachten Muskelstückchen wirklich nirgends Nerven-Endigungen enthalten waren.

Zur Zeit ist das vordere Ende des M. retractor bulbi der Katze das einzige bekannte Object, woselbst nachweisbar in einer Ausdehnung von 2—4 Mm. durchaus keine Endplatten und auch keine doppeltcontourirten sensiblen Nervenfasern vorkommen. Das Vorhandensein der letzteren macht die gleichartige Beobachtung an vielen anderen Orten, namentlich bei manchen sonst geeigneten Froschmuskeln, weniger entscheidend. Auf einer kaum erwärmten Glasplatte gelingt es mit Hülfe der bekannten Muskelerreger (Ammoniakdämpfe etc.) und ca. 50facher Vergrösserung, die Contractionen zu beobachten, und durch diesen Fundamentalversuch ist die Muskel-Irritabilität zum ersten Male auf dem angedeuteten Wege Einwurfs-frei erwiesen (W. Krause, 1863).

Weiter fragt es sich, wie man sich jetzt die Einwirkung der Nerven auf die Muskelsubstanz zu denken habe. Die ältere Annahme von einer directen Uebertragung der Bewegung von dem letzten Molecül der Nervenfaser auf das nächst benachbarte Molecül der Muskelfaser ist seit dem Bekanntwerden der motorischen Endplatten unhaltbar geworden. Selbst diejenigen Beobachter, welche weder die Lage der Endplatten ausserhalb des Sarcolems bei Wirbelthieren annehmen, noch mit der Zusammensetzung der contractilen Substanz aus Muskelkästchen bekannt waren, zweifeln nicht daran, dass die letzten Endigungen der Nervenfasern mit der contractilen Substanz in keiner leitenden Verbindung stehen. Ueber die Function der motorischen lautet in Analogie mit der electrischen (S. 486) Endplatte die einfachste Annahme dahin, dass in der aus Terminalfasern bestehenden, scheinbar feinkörnigen Substanz eine electrische Scheidung stattfinde, sobald die motorischen Nerven durch irgend einen Anlass

(physicalische oder chemische Einwirkungen, Reflexe, Wille) aus dem erregbaren in den erregten Zustand übergehen. Da die Muskelfaser ohne Nerven-Vermittlung zur Contraction gebracht werden kann vermöge der Ausgleichung electrischer Spannungen, welche durch ihren Inhalt hindurch stattfinden, so würde die Erregung der Muskelfasern seitens ihrer Nervenfibrillen nicht im Princip verschieden sein von der Erregung, welche alle Fasern eines Muskels von dem Funken einer Leydener Flasche erfahren würden, falls sie von ihren Endplatten getrennt wären. Wenn bei der Muskelfaser die Erregung motorischer Nerven eine Umsetzung von Spannkraft, welche in ihr angehäuft war, in lebendige Kraft (Hebung von Gewichten etc.) bedingt, und die mechanischen Effecte gross erscheinen, weil sehr viele einzelne Form-Elemente zu ihrer Erzielung zusammenwirken, so ist wieder dasselbe Princip im electrischen Organ realisirt. Die in Form von Electricität aus Tausenden von grösseren Endplatten freiwerdende lebendige Kraft wird in Folge der besonderen Anordnung des Organs so vereinigt, dass die tödtlichen Schläge der Zitterfische resultiren. Daher erscheint die Hypothese (W. Krause, 1863) gerechtfertigt: wenn jene Fische einen Schlag ertheilen, so gerathen vorher nicht nur die electrischen Nerven, sondern auch die zugehörigen Endplatten genau in denselben Zustand, als wenn die anderen Thiere durch Erregung ihrer motorischen Nerven und motorischen Endplatten ihre Glieder zu bewegen beginnen. Mit anderen Worten: bei der Muskelcontraction erhält jede Muskelfaser von ihrer motorischen Endplatte einen electrischen Schlag.

Diese von Du-Bois-Reymond (1874) als *Entladungshypothese* bezeichnete Theorie kann die Hülfshypothese nicht entbehren, dass die Electricitätsmengen, welche durch Entladung einer einzigen motorischen Endplatte ausgeglichen werden, sehr gering sind. Denn erfahrungsgemäss (Sachs, 1874) sind sie nur ausreichend, diejenige Muskelfaser zur Contraction zu bringen, an welcher die betreffende Endplatte festgewachsen ist, nicht aber benachbarte Muskelfasern. Wegen der absoluten Kleinheit der motorischen Endplatten (0,04—0,06 beim Menschen) steht dieser Annahme nichts im Wege. Dass unter diesen Umständen die geringe Electricitätsmenge zur Erzielung einer Contraction der zugehörigen Muskelfaser ausreicht — darauf ist die concave Form der Endplatte wohl nicht ohne Einfluss. Letztere umgreift (S. 189) $^1/_4$—$^1/_3$ des Umfanges der Muskelfaser: die electromotorische Ausgleichung findet in Bezug auf den Muskelquerschnitt offenbar vorzugsweise durch die von jener Concavität umgebene contractile Substanz hindurch statt: die Stromdichtigkeit ist daselbst grösser. Von da pflanzt sich die Erregung auf die ganze Muskelfaser fort, und die hierzu nöthige Zeit entspricht vermuthlich dem Stadium der latenten Reizung. — Du-Bois-Reymond (1874) hat übrigens selbst eine als modificirte Entladungshypothese bezeichnete Theorie aufgestellt, welche den Umstand als wesentlich betrachtet, dass die Enden der blassen Terminalfasern als natürliche Querschnitte von Nervenfasern die Muskelsubstanz berühren. Auch die Terminalfasern der electrischen Endplatten (S. 186) endigen mittelst natürlicher Querschnitte. — Uebrigens ist nach Analogie der electrischen Platte die concave Innenfläche der motorischen Endplatte im Moment des Schlages die *positive* (W. Krause, 1863; Du-Bois-Reymond, 1874).

In physiologischer Hinsicht kommt es offenbar darauf an, die Entladungshypothese zu beweisen, oder zu widerlegen. Am einfachsten wäre ein Beweis hergestellt, wenn gezeigt würde, dass bei stärkerer Erregung einer Endplatte benachbarte Muskelfasern sich contrahiren; bei schwächerer nur die zugehörige. Dies scheint bei den grossen (S. 198) motorischen Endplatten der Rochen nicht unmöglich. Dagegen ist es für die Entladungshypothese eine ganz untergeordnete Frage, ob die Endplatten innerhalb oder ausserhalb des Sarcolems liegen, wie schon das verschiedene Verhalten bei Wirbelthieren und Wirbellosen in dieser Hinsicht beweist. Seitdem Kühne (1861) auch für die Wirbelthiere behauptete: *die Nervenfaser durchbohre stets das Sarcolem*, wird ziemlich allgemein, ohne Berücksichtigung der differenten (S. 198) Entwickinngsgeschichte (S. auch W. Krause, Motorische Endplatten, Hannover, 1869, S. 81), die intramusculäre Lagerung der Endplatten für die Wirbelthiere angenommen. Im Widerspruch mit den übrigen Beobachtern behauptet freilich Calberla (1875) für Amphibien und Reptilien (Schlangen), die Vereinigung mehrerer embryonaler Muskelzellen zu einer quergestreiften Muskelfaser, wie bei den Insecten. Diese Ansicht widerlegt sich schon durch Calberla's eigene Abbildungen: in dem entscheidenden Stadium erscheint die angeblich aus verschmelzenden Muskelzellen entstehende Faser mindestens dreimal dicker, als kurz vorher oder nachher. Sie ist also in Wahrheit keine Muskelfaser, sondern ein aus 4 oder 5 von solchen zusammengesetztes primäres Bündel (S. 80).

Mit jener Annahme einer intramusculären Lage der motorischen Endplatten steht die hier gegebene Darstellung im Widerspruch: die Annahme aber stützt sich wesentlich auf Untersuchung von durchschnittenen Muskelfasern, deren Inhalt mittelst verdünnter Säuren zum Ausfliessen gebracht wurde. Diese Methode projicirt unter allen Umständen die sehr dünne Endplatte optisch in's Innere des zusammengesunkenen Sarcolems. Sie kann folglich nicht als massgebend angesehen werden. Und wenn man die scheinbare Dicke der angeblich innerhalb des Sarcolems gelegenen Nervenhügel berücksichtigen würde, könnte die Ueberzeugung nicht ausbleiben (S. auch S. 193 u. 197), dass alle solche Bilder keineswegs Profil-, sondern zum Theil sogar recht ebene Flächenansichten der sehr dünnen, an Dicke nur etwa dem Flächendurchmesser eines menschlichen Blutkörperchens gleichkommenden motorischen Endplatten gewesen sind, aus welchem Grunde alle derartigen Säure-Bilder für die Entscheidung der Frage ganz irrelevant bleiben.

Es kommt ausserdem noch eine andere Quelle optischen Irrthums in Betracht. Zufolge bekannter physicalischer Gesetze (Place, 1859) verkürzt sich unter den gegebenen Umständen jeder aufrecht stehende Durchmesser eines microscopischen Objects. Daher kann eine unterhalb der zugehörigen Muskelfaser gelegene Endplatte von einem mit dieser constanten Täuschung unbekannten Beobachter sehr leicht ins Innere der ersteren versetzt werden, weil deren senkrechter Dickendurchmesser so auffallend verringert erscheint.

Endigungen sensibler Nerven.

Terminalkörperchen.

Eine sehr grosse Anzahl der einfach sensiblen Nerven endigt mit terminalen Körperchen, corpuscula nervorum terminalia (W. Krause, 1858). Sie werden als Vater'sche Körperchen, Tastkörperchen und Endkolben, unterschieden. Als besondere Modificationen, die zum Theil nur bei Thieren vorkommen, schliessen sich die Herbst'schen Körperchen, Endkapseln, Genitalnervenkörperchen und Gelenknervenkörperchen den genannten Hauptformen an.

Vater'sche Körperchen.

Die *Vater'schen Körperchen*, Pacini'sche Körperchen, Vater-Pacini'sche Körperchen, Corpuscula nervorum terminalia Vateri, sind annähernd ellip-

soidische Körperchen, die aus einem Innenkolben, in dessen Mitte die Terminalfaser einer zutretenden Nervenfaser verläuft und aus verschiedenen accessorischen Hüllen bestehen.

Vorkommen. Sie finden sich beim Menschen an vielen Nervenstämmchen: an Hautnerven, besonders zahlreich im Unterhautbindegewebe der Finger und Zehen, der Handfläche und Fusssohle. Ferner an den sympathischen Geflechten der Bauchhöhle, an Knochen- und Gelenknerven; an Nerven der Brustwarze, Brustdrüse, des Penis und der Clitoris, sowie neben der Gl. coccygea; selten an Muskelnerven.

An der Volarfläche des Daumens zählte Herbst (1848) im Unterhautbindegewebe 65 Körperchen, am Zeigefinger 95, an den fünf Fingern wurden in Summa 385 berechnet. Vater (1741) stellte am Daumen 200 mit dem Messer dar, W. Krause (1864) jedenfalls mehr als 65. Alle diese und folgende Zahlen sind nur als Minima zu betrachten. In der ganzen Hand beträgt die Anzahl ca. 600, ebenso viel am Fusse. Spärlicher sind sie im Unterhautbindegewebe des Hand- und Fussrückens; an den Hautnerven des Vorderarmes, Oberarmes und Halses; am N. cruralis: an den Nerven der männlichen und weiblichen Brustwarze (etwa 4—5, W. Krause, 1860), hinter der weiblichen Brustdrüse (Langer, 1851); im Praeputium clitoridis, am N. dorsalis penis, in den Labia majora, auch an ihrem Uebergange in die minora (Schweigger-Seidel, 1866); am N. pudendus communis (Kölliker, 1852). In grösserer Anzahl (bis 100 und mehr, Przewoski, 1875) findet man sie an den sympathischen Plexus: aorticus abdominalis, coeliacus, vor dem Pancreas an der Wurzel von Mesenterialnerven; seltener am Plexus sacralis. Sehr zahlreich sind sie an Gelenken (Cruveilhier, 1836): Phalangengelenke der Finger (Henle und Kölliker, 1844; 15—22 Stück an jedem, Rauber, 1865) an Metacarpalgelenken (16—31), am Carpus (10), Handgelenk (4), Nervus interosseus antibrachii externus (12), Beugeseite des Ellenbogengelenks (96), Schultergelenk (8); einzelne an den Rippenknorpeln (S. 75) und dem Lig. coracoclaviculare. Sparsamer am Fuss: Phalangengelenke (6—17), Metatarsalgelenke (5—18), Tarsus (9), Fussgelenk (11), N. interosseus cruris (5), Kniegelenk (19), Hüftgelenk (5). In Summa an den Gelenken und in der Tiefe der oberen Extremität 530, der unteren 317 Stück (Rauber, 1865).

Ferner an (S. 71) Periost- und Knochennerven (Kölliker, 1850, Rauber, 1865), am N. infraorbitalis (Hyrtl, 1853).

Einzelne Körperchen sind beobachtet: an Intercostalnerven (Cruveilhier); sowie im Caput internum des M. flexor pollicis brevis und des M. hallucis brevis (Rauber, 1865). Ferner in der Fascia penis ausserhalb der Albuginea mit ihrer Längsaxe parallel der Richtung des Penis gestellt, sowohl hinter der Glans, als an der Wurzel und in der Mitte des Penis (Schweigger-Seidel, 1866), auch innerhalb der Corpora cavernosa penis (Klein, 1870); und an der Prostata (S. 272). Endlich in der Adventitia an der Abgangsstelle der A. profunda femoris von der A. cruralis (W. Krause, 1863); s. S. 533), sowie unter der Dura mater am Hiatus Canalis facialis (W. Krause, 1866).

Die Vater'schen Körperchen werden durch einen Stiel von vielfachen geschichteten Bindegewebshüllen an das Nervenstämmchen, mit dem sie durch eine doppeltcontourirte Faser in Verbindung stehen, geheftet. Mit blossem Auge gesehen, erscheinen sie als ca. 2 Mm. grosse, längliche, halbdurchsichtig glänzende Körperchen, die in ganz frischem Zustande einen weissen axialen Streifen erkennen lassen. Es ist ein centraler und ein peripherischer Pol an ihnen zu unterscheiden; im oder neben dem ersteren tritt die Nervenfaser sammt dem Stiele in das Körperchen ein; der peripherische ist der Regel nach frei und abgerundet (Fig. 287).

Bau der Vater'schen Körperchen. Ihrer grössten Masse nach (sog. Aussenkolben) bestehen die Körperchen aus concentrischen, homogenen *Lamellen* oder *Kapseln*, in deren Zwischenräumen eine durchsichtige Flüssigkeit enthalten ist. Auf optischen Längsdurchschnitten erscheinen zahlreiche, elliptische dunkle Längslinien, von denen die äusseren dem äusseren convex gebogenen Rande ziemlich parallel, die inneren nach und nach mehr in gerader Richtung zum Theil leicht geschlängelt verlaufen. Die ersteren werden als System der äusseren Lamellen von den letzteren, dem System der inneren Lamellen, unterschieden.

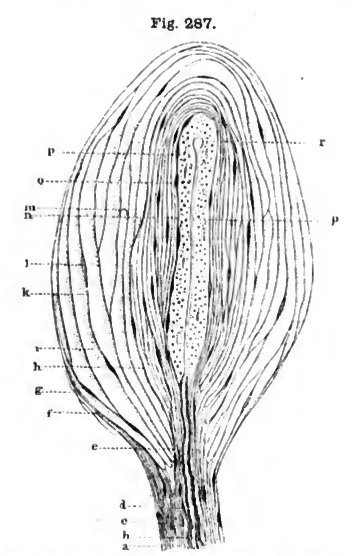
Die äusserste Lamelle ist durch lockeres Bindegewebe an die umgebenden Theile angeheftet und erscheint daher äusserlich rauh.

Die Lamellen des äusseren Systems unterscheiden sich dadurch von denen des inneren, dass sie durch grössere mit Flüssigkeit gefüllte Räume, *Spatia interlamellaria,* von einander getrennt sind. Diese sind zwischen den äussersten Lamellen am breitesten und nehmen nach innen zu nach und nach ab, indem sie immer weniger Flüssigkeit zwischen sich enthalten, ohne dass jedoch eine scharfe Abgrenzung von dem System der inneren Lamellen, welches wenig oder gar keine Flüssigkeit führt, stattfände. Der Abstand der einzelnen Lamellen nimmt also von aussen nach innen in der Regel ab, doch nicht ohne zahlreiche Ausnahmen, denn oft sind mehrere Lamellen ganz gleich weit von einander entfernt, oft wechseln enger an einander liegende

W. Krause, Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven, Hannover, 1860.

mit weiteren ab. Sticht man einige der äusseren Lamellen an oder entleert sie durch Compression, so fliesst eine wässrige Flüssigkeit aus, während die dunklen Linien ganz nahe zusammenrücken. Die äusseren Lamellen sind gewöhnlich straff gespannt; oft wölben sie sich, wenn eine Verletzung stattgefunden hat, hernienartig durch den Riss hervor, sie zeigen gleichmässig convexe oder nur hier und da eingebogene Contouren.

Fig. 287.



Vater'sches Körperchen aus der Volarfläche vom Finger. Frisch ohne Zusatz. V. 350/10. *a* Stiel des Körperchens. *b* Doppeltcontourirte Nervenfaser des Stiels. *c* Kern des Stiels. *d* Kern des eigentlichen Neurilems. *e* Stielfortsatz, an den sich die äusseren Lamellen theilweise abgerundet ansetzen. *f* Aeusserste Lamelle, welche durch *g* lockeres Bindegewebe an die umgebenden Theile geheftet gewesen ist. *h* Grenze zwischen den Systemen der äusseren und inneren Lamellen. *i* Interstitieller mit Interlamellarflüssigkeit gefüllter Raum zwischen zwei äusseren Lamellen. *k* Durchschnitte der Bindegewebsfibrillen der äusseren Querfaserschicht der Lamellen. *l* Kern in einer äusseren Lamelle. *m* Quere Verbindungslinie zwischen zwei äusseren Lamellen. *n* Innerste Lamelle, Fortsetzung des Neurilems. *o* Kern derselben. *p* Kopftheil des Innenkolbens. *p* (rechterhand) Terminalfaser in der Axe des Innenkolbens verlaufend. *r* Endknöpfchen derselben.

Das System der inneren Lamellen verhält sich in den meisten Beziehungen ebenso, nur sind die hellen Zwischenräume schmaler, die Lamellen regelmässiger concentrisch, mehr cylindrisch und da sie weniger prall gespannt, so zeigen sie mitunter etwas geschlängelte Contouren, was auf eine wellenförmige Oberfläche schliessen lässt. Von aussen nach innen ist das Auftreten schmalerer Spatia interlamellaria statt der breiteren gewöhnlich ein allmäliges.

Zwischen den meridianartigen Linien, die den scheinbaren Längsschnitt der Lamellen darstellen, finden sich nicht selten und an unbeständigen Stellen quere, mehr oder weniger convexe Verbindungslinien (Fig. 287 *m*). Es folgt hieraus die Existenz von Querscheidewänden zwischen einzelnen Lamellen, die jedoch nur in geringer Ausdehnung sich erstrecken. Auch Theilungen der meridianen Linien kommen vor, die sich zuweilen wieder vereinigen: es verschmelzen zwei Lamellen entweder in grösserer oder in geringerer Ausdehnung zu einer einzigen.

Die Lamellen bestehen aus einer Membran, in der grosse, längsgestellte, stark abgeplattet ellipsoidische *Kerne* liegen, die im Innern noch mehrere feine Körnchen enthalten, sie sitzen meistens an der Innenfläche der Membran und springen in die Interlamellarräume vor. Es zeigt sich nämlich bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen, dass jede Lamelle auf dem scheinbaren Querschnitt aus zwei Schichten zusammengesetzt ist, die wenigstens bei denen des äusseren Systems deutlich erkennbar sind. Die äussere Schicht

erscheint auf dem Durchschnitt als eine longitudinale ziemlich gleichbreite glänzende Linie: der Ausdruck einer homogenen Membran, von der auf der Flächenansicht nichts wahrzunehmen ist; — die innere als eine Reihe von feinen Pünktchen, welche aussen auf der zugehörigen Längslinie (sog. eigentlichen Kapsel) liegen. Dieselben sind nichts anderes als optische Querschnitte von Bindegewebsfibrillen. Von der Fläche gesehen erscheinen bei Verschiebung des Focus aus diesen Punkten sich entwickelnde meist quer und kreisförmig verlaufende Fibrillen; diese bewirken eine ganz zarte, regelmässige, ununterbrochene Querstreifung, ohne Abtheilung in stärkere Bündel. Manche sehr feine Fibrillen durchziehen auch sich schräg überkreuzend den mit Flüssigkeit gefüllten Raum zwischen je zwei Lamellen.

Die *Interlamellarflüssigkeit* ist durchsichtig und hell oder leicht gelblich. Sie fliesst, wenn die Lamellen angestochen sind, in grossen Tropfen aus, die den Glanz von Eiweisstropfen und Neigung zusammenzufliessen haben. Sie gerinnt durch Salpetersäure und Alkohol, färbt sich roth mit Zucker und Schwefelsäure und durch das Millon'sche Reagens (S. 52). Ihre Menge beträgt beinahe $^3/_4$ des Volumens grosser Körperchen und ihr Eiweissgehalt lässt auf eine der Lymphe ähnliche Zusammensetzung schliessen.

Versilbert man ein frisches Vater'sches Körperchen, so ergibt sich die Zusammensetzung jener scheinbar structurlosen Lamellen aus polygonalen Endothelialzellen wie die der serösen Häute (Fig. 25, S. 40), deren Kerne sich mit Anilin oder Hämatoxylin färben lassen. Die erwähnten (S. 503) Kerne der Lamellen gehören diesen Zellen an, und die Interlamellarräume sind nichts weiter als concentrisch das Nervenende umgebende *Lymphspalten*. Da die Kerne nach innen vorspringen, so muss man annehmen, dass auch die zunächst nach innen angrenzende Schicht querverlaufender Bindegewebsfibrillen (s. oben) zu den endothelialen Zellen gehört: jede Lamelle besteht aus einer dünnen Lage fibrillären, mit Lymphe durchtränkten Bindegewebes, das an seiner Aussenfläche von Endothel bekleidet wird.

Strahl (1848), Will (1850), Key nebst Retzius* (1872), sowie Schaefer (1875) und Przewoski (1875) nehmen an, dass die hellen Zwischenräume als optische Durchschnitte breiter Lamellen, die dunkeln Linien dagegen als Lücken zwischen diesen Lamellen zu betrachten seien, was durch Zerfasern schon am frischen Präparat widerlegt wird. — Die letztgenannten Autoren lassen, dem Gesagten entsprechend, jede (wirkliche) Lamelle aus zwei Endothellagen zusammengesetzt sein. Für diese Annahme ist jedoch die Zahl der Kerne in den Lamellen bei weitem zu gering. — Auch beschreibt Przewoski eine jeder Lamelle aussen und innen anliegende Querfaserschicht, von denen die letztere beträchtlich dünner sein soll als die erstere. Quellung in (Goldchlorid und nachher in) verdünnten Säuren zerstört den grössten Theil der Lamellen. — Durch Hoyer (1864) wurde die Zusammensetzung der Lamellen aus Endothelzellen beschrieben. — Entwicklungsgeschichtlich gehen die Körperchen aus einem Haufen von längsgestellten Bindegewebszellen hervor, ebenso die Substanz des Innenkolbens selbst (W. Krause, 1860).

In der Längs-Axe des Vater'schen Körperchens verlaufen nun drei in die Länge sich erstreckende Gebilde, die mit besonderen Namen unterschieden werden. Vom centralen Pol begibt sich als eine Fortsetzung des schon erwähnten Stiels der Stielfortsatz in das Innere; der letztere geht über in den verhältnissmässig kürzeren oder längeren Innenkolben, von dessen abgerundetem peripherischen Ende sich zuweilen noch das Ligamentum interlamellare nach dem peripherischen Pol des ganzen Körperchens hin erstreckt.

Das *Ligamentum interlamellare* s. intercapsulare ist nicht immer vorhanden. Manchmal verhalten sich die Lamellen am peripherischen Pol ganz wie an den seitlichen Flanken. In anderen Fällen rücken sie an ersterem entweder einander näher oder treten weiter aus einander. Zuweilen sind die queren Septa zwischen je zwei Lamellen sehr häufig und folgen sich in einer viele der letzteren durchsetzenden unregelmässigen Linie. Endlich findet sich manchmal das genannte Ligament, welches in mechanischer Hinsicht durch die geschilderten Verwachsungen ersetzt werden kann. Es verläuft in der Längenaxe vom peripherischen Ende des Innenkolbens zum peripherischen Pol

des Körperchens. Es ist ein dickerer oder dünnerer blasser längsgestreifter Strang, mit dem die peripherischen Enden der Lamellen verwachsen sind, zum Theil auch so, dass zwei Lamellen mit einem umgebogenen abgerundeten Rande in einander übergehen.

Der *Stiel*, Pedunculus, ist ein aus longitudinalen Bindegewebsschichten bestehender annähernd cylinderförmiger Strang, der von dem Neurilem eines kleinen Nervenstämmchens seinen Ursprung nimmt und durch den das Körperchen mit dem letzteren in Verbindung steht, indem in der Axe des Stiels eine doppeltcontourirte Nervenfaser verläuft und sich durch den Stielfortsatz hindurch in den Innenkolben fortsetzt. Die Länge und Breite des Stiels ist verschieden, letztere nimmt häufig gegen das Körperchen hin zu; oft aber ist er auch fast regelmässig cylindrisch. Derselbe verläuft bald gerade, bald geschlängelt oder gewunden, geht unter einem rechten oder spitzen, seltener (rückläufig) unter einem stumpfen Winkel von dem Nervenstämmchen ab und inserirt sich oft genau in der Mitte des centralen Pols, mitunter auch an der Seite neben demselben. Im letzteren Falle erscheint der centrale Pol ebenso abgerundet und glatt wie der peripherische und das Verhalten der Lamellen ist wie an den Seiten des Körperchens. Der Stiel besteht aus longitudinalen Bindegewebslagen mit zahlreichen längsgestellten Kernen. Erstere erstrecken sich in den Stielfortsatz als regelmässigere cylindrische concentrisch umhüllende Bindegewebsschichten ebenfalls mit zahlreichen eingelagerten längsgestellten Kernen. Diese Hüllen sind verdicktes Perineurium; indem sie nach dem Innenkolben zu an Zahl abnehmen und mit einigen Lamellen in Verbindung treten, entsteht eine conisch sich zuspitzende Figur, der *Stielfortsatz,* Processus pedunculi, prolungamento conico. Sein optischer Längsdurchschnitt ist mit dem Bilde einer Federfahne verglichen worden, deren Schaft durch den Stielfortsatz gebildet wird. Es legen sich nämlich die Contouren aller Lamellen an den Stielfortsatz successive an und theilweise durchbohrt der letztere dieselben, theilweise setzen sich die Längsstreifen des Stielfortsatzes in die Contouren der Lamellen fort, und letztere entstehen aus Verlängerungen der ersteren. Daraus, dass dieses nach und nach geschieht, erklärt sich die conische Form des Stielfortsatzes; andererseits gehen oft die Contouren mehrerer Lamellen am Stielfortsatz selbst oder nahe an demselben in eine einzige über; auch zeigt der Stielfortsatz beim Eintritt in das Körperchen niemals so viele cylindrische Hüllen, als Lamellen vorhanden sind. In der Nähe des Stielfortsatzes sind die queren Verbindungen und gabelförmigen oben beschriebenen Spaltungen der meridianen Linien häufiger, ebenso wie gegen das peripherische Ende hin, woraus mancherlei Unregelmässigkeiten entstehen.

Die *doppeltcontourirte Nervenfaser* des Stiels verhält sich ganz wie gewöhnliche andere sensible Nervenfasern. Sie erscheint frisch untersucht völlig glashell, homogen mit zarten dunklen Rändern. Da sie durch den dicken, aber durchsichtigen Stiel vor äusseren Eindrücken mehr geschützt ist, so kann man beim Menschen nirgends besser als in diesen Stielen bei der Untersuchung frisch amputirter Extremitäten sich überzeugen, dass die gewöhnlich sichtbaren unregelmässigen doppelten Contouren und Einschnürungen (S. 368) erst durch Gerinnung des Nervenmarks entstehen. Die Nervenfaser verläuft im Stiel leicht geschlängelt und ist zunächst von ihrem eigenen Neurilem umgeben.

Vom Ende der doppeltcontourirten Nervenfibrille beginnt der *Innenkolben,* Höhle der Centralkapsel, Centralkapsel, Centralhöhle, centraler Cylinder, Centralstrang, innere Hülle. Der Innenkolben ist ein cylindrischer Strang

von fein granulirter homogener Beschaffenheit, durch dessen Axe eine feine Terminalfaser läuft. Das peripherische Ende des Innenkolbens, oder der Kopftheil, ist abgerundet und grenzt unmittelbar an das Ligamentum interlamellare, falls dieses vorhanden ist. Nach aussen wird der Innenkolben von der innersten Kapsel umgeben, die ganz wie die übrigen des inneren Lamellensystems sich verhält. Dieselbe steht am Ende des Stielfortsatzes mit dem Neurilem der Nervenfaser in unmittelbarer Verbindung.

Im frischen Zustande ist die Substanz des Innenkolbens ein zartes, wie erwähnt, fein granulirtes Gewebe, in dem nur undeutlich an der Peripherie eine feine Längsstreifung und eingelagerte, blasse, längsgestellte Kerne zu erkennen sind. Nach Zusatz von Wasser werden die Längsstreifen deutlicher, gehen bis nahe an die Terminalfaser, und in ihnen erscheinen zahlreichere, besonders nach Zusatz von Essigsäure deutlich werdende, länglich-ovale Kerne. Zwischen diesen Längsstreifen bleibt die feinkörnige Substanz eingelagert sichtbar, und auf Zusatz von Natron treten darin viele kleine dunkle Fettkörnchen auf. Macerirt man ein Vater'sches Körperchen einen Tag in 20%iger Salpetersäure, so lässt sich der Innenkolben in Zusammenhang mit der Nervenfaser des Stiels isoliren. Seine Substanz ist als verdicktes Neurilem zu betrachten.

In der Axe des Innenkolbens verläuft, gewöhnlich gestreckt oder doch nur sanft geschlängelt, die *Terminalfaser,* blasse, marklose, centrale Nervenfaser, Nervenfaden, Centralfaden, Centralnerv, Markfaser, centraler Hohlraum, centraler Kanal, innerer Kanal des Centralstranges, Axenfaser. Es ist eine feine, stark abgeplattete Terminalfaser, die unmittelbar aus dem Ende der doppeltcontourirten Nervenfaser des Stielfortsatzes hervorgeht. Die letztere wird regelmässig bei ihrem Eintritt in den Innenkolben zugespitzt, verliert ihre breiten doppelten Contouren, in seltenen Fällen erhalten sich letztere noch eine ganz kleine Strecke im Innern, und zuweilen sieht man, dass die Terminalfaser im Verlauf durch den Innenkolben eine kleine Strecke weit wieder breit und doppeltcontourirt wurde, was aus einer stellenweisen Verdickung und Wiederauftreten der cylindrischen Form sich erklärt. Auf den ersten Blick spricht das Verhalten sehr für die Deutung der Terminalfaser als eines Axencylinders, indem, wenn das Mark der dunkelrandigen Faser geronnen ist, die Terminalfaser aus dem Innenraum dieses Markes herauszutreten scheint. Untersucht man aber ganz frische Präparate nach Abstreifung des äusseren Lamellensystems ohne Zusatz, so sieht man das zugespitzte Ende der Nervenfaser des Stiels allmälig in die sehr nahe zusammenrückenden doppelten Contouren der Terminalfaser übergehen. Diese doppelte Contour ist noch deutlicher, obgleich der Innenraum viel schmaler ist, wenn die Terminalfaser zufällig von ihrer schmalen Seite betrachtet wird. Sie erhält sich nach Zusatz sehr verdünnten Natrons. Als Ausdruck ihrer Zusammensetzung aus marklosen Primitivfibrillen zeigt sich die Faser zart längsgestreift.

Die Terminalfaser verläuft nun durch den anfangs dünneren, dann cylindrischen Innenkolben bis in dessen peripherisches, abgerundetes Ende und endigt regelmässig eine kleine Strecke vor der Begrenzung desselben mit einer fein granulirten knopfförmigen Anschwellung: *Endknöpfchen,* Endknospe (Fig. 287 *r*); selten liegt dieses fast ganz dicht an der Begrenzung des Innenkolbens. Sehr häufig theilt die Terminalfaser sich kurz vor dem Ende in zwei oder drei ganz kurze Aeste, und jeder der letzteren trägt ebenfalls ein Endknöpfchen. Nicht immer ist das letztere deutlich: oft hört die Terminalfaser scheinbar fein zugespitzt auf; zuweilen gehen von dem knopfförmigen Ende noch ein oder mehrere ganz feine Fäden aus.

Key und Retzius (1872) sahen auch im Verlauf der Terminalfaser durch den Innenkolben hier und da seitlich ansitzende Endknöpfchen. Ciaccio (1864) glaubte, die Terminalfaser sei aus 4—6 feinen Fibrillen (S. 506) zusammengesetzt, und fand terminale Ganglienzellen bis zu 9 Stück (1869) am Ende derselben, die richtiger als Endknöpfchen bezeichnet werden (S. 527). Auch Jacubowitsch (1860) und Nepveu (1869, beim Affen) hielten die letzteren für Ganglienzellen, und Grandry (1868) bestätigte die Zusammensetzung der Terminalfaser aus Fibrillen.

Die Vater'schen Körperchen scheinen keinem Säugethier zu fehlen und kommen auch dem Elephanten und den Fledermäusen (W. Krause, 1861) zu. Sie sind ebenso gebaut, wie beim Menschen, nur dass sie bei kleineren Thieren etwas kleiner sind.

Varietäten. Solche sind bei Säugethieren häufiger (Herbst, 1848), beim Menschen seltener. Die Form der Körperchen ist gewöhnlich keine völlig regelmässig ellipsoidische; häufig sind kleinere unregelmässige Ein- und Ausbiegungen der äussersten Lamellen; ferner verschiedene Verhältnisse der Durchmesser zu einander, wodurch eine mehr rundliche, besonders bei kleineren Körperchen; eine sehr länglich-ovale Gestalt oder Abplattung in einer Dimension entsteht. Ausserdem weicht ihre Form im Ganzen von der eines Ellipsoids ab. Dieselbe ist theils an einem Pole mehr zugespitzt, als an dem anderen, und zwar ist häufiger der centrale Pol der breitere, seltener der peripherische; öfters auch ist ein Ende des Körperchens in eine längere Spitze ausgezogen; theils bohnen- und nierenförmig, oder S-förmig geschlängelt, endlich annähernd dreiseitig pyramidenförmig. Nicht selten betrifft auch der geschlängelte Verlauf, sogar mit völliger, selbst mehrmaliger Rückbiegung, nur das innere Lamellensystem, während die Form des ganzen Körperchens ellipsoidisch ist. Ferner kommen zusammengesetzte Körperchen vor, welche einestheils aus der sogenannten rosenkranzförmigen Anordnung entstanden sein können. Hierbei wird die Terminalfaser am peripherischen Pol wieder doppeltcontourirt und tritt mittelst eines Stiels in ein zweites oder sogar drittes Körperchen ein, worin sie endigt. Andererseits kann ein zusammengesetztes Körperchen durch Theilungen der Nervenfaser vor oder nach ihrem Eintritt in das Körperchen entstehen, wobei die Aeste, deren Anzahl in seltenen Fällen 4—7 betragen kann, sich mit eigenen inneren Lamellensystemen umgeben (s. auch S. 520). In noch anderen Fällen bleiben auch die äusseren Lamellensysteme gesondert; nur im Stiel verlaufen zwei Nervenfasern, und derselbe ist beiden oder mehreren Körperchen gemeinschaftlich, oder auch: es verschmelzen die centralen Theile der äusseren Lamellensysteme beider Körperchen, in seltenen Fällen weiter und weiter bis zum peripherischen Pol mit einander, es bleiben aber immerhin die beiden Körperchen im Uebrigen gesondert. Endlich findet man mit einander verwachsene Körperchen. Alle diese Varietäten haben keine weitere physiologische Bedeutung, als dass sie Vermehrung einzelner Nervenfasern durch Theilung oder Ersparung einzelner äusserer Lamellensysteme in Folge früherer Vereinigung von nahe aneinander liegenden Körperchen darstellen.

Was das Verhalten im polarisirten Licht anlangt, so theilen die centralen Parthien in schwächerem Grade die Eigenschaften des Bindegewebes (S. 42).

Die **Blutgefässe** der Vater'schen Körperchen sind relativ sparsam. Kleine arterielle Stämmchen treten vorzugsweise vermittelst des Stielfortsatzes, zum Theil auch durch die äussersten Lamellen, resp. am peripherischen Pol durch das Ligamentum interlamellare oder neben demselben in die Körperchen ein; sie verästeln sich in einem weitmaschigen, das System der äusseren Lamellen durchziehenden Capillarnetz. Einzelne sehr feine Capillaren verbreiten sich zwischen den innersten Lamellen bis zum Innenkolben. Die venösen Capillaren entstehen im äusseren Lamellensystem und verlassen die Körperchen an dessen seitlichen Begrenzungen. Alle Blutgefässe verlaufen innerhalb der Interlamellarräume. — Nach Ciaccio (1868) erstreckt sich häufig eine Gefässschlinge vom peripherischen Pol bis zum Ende des Innenkolbens.

In Betreff der **Lymphgefässe** sind die Interlamellarräume als Lymphspalten anzusehen (S. 504); mitunter enthalten sie Wanderzellen (Bowman, 1848). An den Körperchen im Mesenterium der Katze sind auch ein oder zwei sehr feine Lymphgefässstämmchen gesehen, die, neben den Blutgefässen verlaufend, in einen benachbarten kleinen Lymphgefässstamm verfolgt werden konnten (Herbst, 1848).

Bei vielen Säugethieren finden sich die Vater'schen Körperchen in grösseren Haufen, Conglomeraten von 20—80 Stück, zusammengeballt im Fett des Ballens von Fuss und Zehen, namentlich auch in den Interstitien zwischen Radius und Ulna, Tibia und Fibula oder an den entsprechenden Stellen; beim Schaf auch in die Muskelsubstanz eines Bündels des M. flexor digit. man. profundus sich erstreckend (Herbst, 1849; W. Krause, 1861). Sehr zahlreich sind sie bei der Katze im Mesenterium (20—160 Stück), wo sie von Lacauchie (1843) zuerst gesehen wurden; ferner bei der wilden Katze (W. Krause, 1860); auch im Mesocolon der Hauskatze (2—79 Stück), im Mesocolon des Kaninchens (2 Stück, Hassall, 1846—49); im Schwanz der Katze (Herbst, 1848); endlich im Pancreas der Katze am Ductus pancreaticus und seinen Aesten (W. Krause, 1869). Von anderen Fundstellen sind noch zu erwähnen: Submucosa der Vagina des Kaninchens (W. Krause, 1865); in der Glans clitoridis beim Schwein (Nylander und Kölliker, 1852; W. Krause, 1861); in der Zunge des Elephanten unterhalb der Papillen (W. Krause).

Ihre **Function** ist durchaus nicht räthselhaft oder unbekannt, noch weniger electrisch: sie sind Apparate, welche mechanischen Zug in hydrostatischen Druck umsetzen (W. Krause, 1862; s. a. S. 98). Es sind Vorrichtungen, deren Zerrung unbestimmt localisirte sog. Gemeingefühlsempfindungen hervorruft: Kenntniss gibt von der Lage und

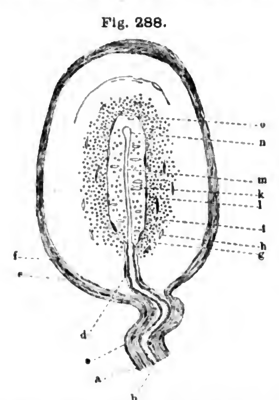
Stellung der Glieder; von der Spannung der Ligamente (sog. Muskelgefühl); von stärkeren Compressionen der Haut, deren Unterschiede für die dabei comprimirten oberflächlichen Nervenendigungen (z. B. Tastkörperchen) unmerklich werden (Drucksinn, zum Theil); endlich bei der Katze von der Belastung ihres Darmkanals durch dessen Inhalt, womit ein sicheres Springen dieses gewandten Raubthieres möglich wird. Springende Pflanzenfresser haben zu jeder Zeit ziemlich gleichmässig gefüllten Darmkanal: bei der Katze könnte sich zeitweise der Schwerpunkt ein wenig lateralwärts schieben.

*Herbst'sche Körperchen.

Als Vater'sche Körperchen der Vögel bezeichnet man bei diesen Thieren terminale Körperchen, die nach ihrem Entdecker richtiger *Herbst'sche Körperchen* genannt werden können. Kleinere Formen als die letzteren heissen *Grandry'sche Körperchen* und *Tastkolben.*

Herbst'sche Körperchen. Auch die grössten derselben sind weit kleiner, als die Vater'schen Körperchen der Säuger. Sie bestehen aus einer äusseren Längs- und inneren Querfaserschicht (Fig. 288), haben also keine Lamellen; ihre Innenkolben und Terminalfasern verhalten sich wie bei den Säugern. Nur sind die Kerne der Innenkolben meist quergestellt und erinnern mitunter an die Ringfaserhaut kleiner Arterien.

Fig. 288.



Herbst'sches Körperchen aus dem oberen Theile des Schnabels von der Gans. Frisch mit Essigsäure. V. 350/200. *a* Stiel des Körperchens. *b* Doppeltcontourirte Nervenfaser des Stiels. *c* Kern des Stiels. *d* Kern der innersten Schicht des Stiels, die als eigentliches Neurilem der Nervenfaser zunächst anliegt. *e* Aeussere oder Längsfaserschicht. *f* Kern derselben. *g* Durchschnitte der Bindegewebsfibrillen der Querfaserschicht. *h* Kern in der letzteren. *i* Hülle des Innenkolbens, Fortsetzung des Neurilems. *k* Quere Kerne derselben. *l* am Rande der Umhüllung des Innenkolbens gelegene Kerne. *m* Terminalfaser, die in der Axe des Innenkolbens verläuft. *n* Endknöpfchen derselben. *o* abgerundetes Ende des Innenkolbens.

Die Terminalfaser schwärzt sich mit Goldchlorür oder Osmiumsäure; ihr Endknöpfchen ist beträchtlich gross (ebenso in den Tastkolben).

Grandry'sche Körperchen, Zwillingstastzellen. Kleine Exemplare der Herbst'schen Körperchen haben viel Aehnlichkeit mit cylindrischen Endkolben (S. 515). Sie unterscheiden sich von den Herbst'schen Körperchen dadurch, dass sie keine deutliche Längs- und Querfaserschicht besitzen: statt dessen haben sie eine zarte Hülle, die, wie bei den Innenkolben der Vater'schen Körperchen (und der Endkolben), von einer dünnen kernhaltigen Bindegewebsmembran gebildet wird. Auch ist ihre Form eine mehr länglich-cylindrische. Die Grandry'schen Körperchen bestehen, abgesehen von ihrer beschriebenen Umhüllungsmembran, aus einem cylindrischen Innenkolben und in dessen Längsaxe verlaufender Terminalfaser; unterscheiden sich aber von den analog gebauten Endkolben dadurch, dass die Kerne der Hülle in zwei Reihen angeordnet und mehr viereckig sind. Mannigfache Uebergänge von den Herbst'schen zu den Grandry'schen Körperchen gestatten, eine continuirliche Reihe zu bilden.

Als **Tastkolben** (W. Krause mit Ihlder, 1870) werden ähnliche Körperchen bezeichnet, denen ebenfalls die beiden äusseren Bindegewebsschichten fehlen, wobei die queren Kerne nach Essigsäure-Zusatz besonders hervortreten. Die letzteren sind aber zahlreicher vorhanden, als bei den Grandry'schen Körperchen, und die Tastkolben erhalten dadurch grössere Aehnlichkeit mit Tastkörperchen (S. 512), an welche ihr Name zu erinnern bestimmt ist. Sie unterscheiden sich von letzteren sehr auffallend durch den Umstand, dass in den Tastkolben nur eine einzige, in der Längsaxe des Innenkolbens verlaufende und knopfförmig endigende Terminalfaser vorhanden ist.

Die H e r b s t ' s c h e n K ö r p e r c h e n stellen die allgemeine Endigungsform einfach sensibler Nerven bei den Vögeln dar. Sie finden sich in der ganzen äusseren Haut,

* Herbst, Göttinger Gelehrte Anzeigen, 1848, 1850, 1851.

an den Federbälgen (S. 514) unter deren Basis, in der äusseren Haut des Schnabels, in den Schleimhäuten: Zunge; Conjunctiva (W. Krause, 1858, bei der Ente). Besonders zahlreich, bis zu 30 in jeder Papille, sieht man sie an Schnabelrändern der Gans (W. Krause mit Ihlder, 1870); ferner in Knochenlücken des Schnepfenschnabels (Leydig, 1868). Hier, wie an anderen Orten, sind die Kerne der Hülle des Innenkolbens gewöhnlich in zwei Reihen geordnet (Leydig, 1868; Ciaccio, 1868; Grandry, 1869), und Grandry'sche Körperchen mit Herbst'schen untermischt. Nicht nur die oberflächlichen Theile werden von ihnen versorgt: sie sitzen auch in der Tiefe unterhalb der Zungenpapillen, an der inneren, wie an der äusseren Seite des Ober- und Unterschenkels; endlich, zu grossen Conglomeraten vereinigt, zwischen Tibia und Fibula, sowie an der Basis der Mittelhandknochen. Die tiefer gelegenen sind durchschnittlich grösser; im Allgemeinen wachsen ihre Dimensionen auch mit der Körpergrösse der Vogelart. — Tastkolben zeigen sich in den Papillen sowohl im vorderen Theile und am Seitenrande der Zunge (beim Sperling, W. Krause mit Ihlder, 1870), als im Schlunde von Hühnern und Tauben, woselbst sie Berlin (1853) irrthümlich für Tastkörperchen genommen hat. Ferner in Knochenlücken des Schnabels, bei der Schnepfe, Gans, sowie im vorderen Theil der Enten- und Taubenzunge (Ihlder) und im Schnabel des Papagei an seiner Wurzel (Goujon, 1869).

Die wie gesagt ziemlich grossen Endknöpfchen in den Herbst'schen Körperchen und Tastkolben wurden von Einigen (Ciaccio, 1868; Ihlder) als terminale Ganglienzellen angesprochen. — Als seltene Varietät finden Theilungen des Innenkolbens an dessen peripherischem Pole statt (Will, 1850; Leydig, 1857). S. auch S. 520.

Ueber das Historische in Betreff der terminalen Körperchen überhaupt s. unten termin. Körp. im Allgemeinen (S. 527). — Die Grandry'schen Körperchen scheinen von Merkel (1875) als Zwillingstastzellen des Vogelschnabels beschrieben worden zu sein, nachdem sie bereits Grandry (1869) richtig gedeutet hatte. Auf Querschnitts-Ansichten präsentiren sich nämlich meist zwei Kerne in einigem Abstande von einander, da der Innenkolben an seinen Flanken von einer doppelten, nicht mehrfachen Kernreihe begleitet wird. Die dünne, den Innenkolben umschliessende Hülle liefert das scheinbare Bild der äusseren Zellencontour.

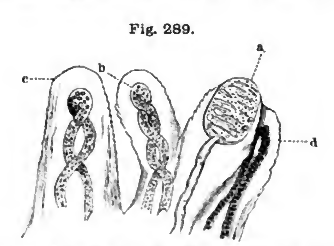
Tastkörperchen.

Die *Tastkörperchen*, Meissner'sche Körperchen, Corpuscula nervorum terminalia Meissneri, Corpuscula tactus, Axenkörper, touch-bodies, corpuscules tactus, finden sich in der äusseren Haut an Händen und Füssen, auch im Nagelbett; in der Brustwarze bei beiden Geschlechtern; am Tarsalrande der Augenlider; einzeln in der äusseren Haut der Extremitäten, sowie in der Schleimhaut der Glans clitoridis. Es sind ellipsoidische, bald mehr rundliche, bald mehr längliche Körperchen, die aus einer Hülle von Bindegewebe mit Kernen, einem Innenkolben von festweicher, leicht granulirter Substanz und 1—4 doppeltcontourirten, in das Körperchen eintretenden und sich darin verästelnden Nervenfasern bestehen. Die Aeste derselben sind mattglänzende, einfach contourirte Terminalfasern, welche im Allgemeinen von einer Seite des Tastkörperchens quer zur anderen hinüberlaufen und zugespitzt oder leicht kolbenförmig angeschwollen endigen. Die Körperchen liegen innerhalb der Papillen, und zwar fast ohne Ausnahme in deren äusserster Spitze.

Die in das Tastkörperchen eintretenden *Nervenfasern* stammen an den Volarflächen der Finger und Plantarflächen der Zehen aus einem reichen Plexus, der sich unter dem Papillarkörper, ähnlich dem dort befindlichen Blutgefässnetz, verbreitet und aus vielfach anastomosirenden Aesten besteht, welche durchschnittlich 3—6 Nervenfasern enthalten. Die Aeste gehen aus stärkeren Nervenstämmchen hervor; letztere theilen sich in feinere Ausläufer von 2—4 Fasern, die zusammen in eine Papille eintreten oder ihre einzelnen Fasern an verschiedene Papillen abgeben. Ueberall finden in diesem Geflecht zahlreiche Theilungen statt, wodurch eine sehr bedeutende Vermehrung der Nervenfasern bedingt wird. Die Theilungen sind dichotomisch, seltener trichotomisch; es kommen aber auch 4, selbst 5 aus einer Theilung hervorgehende Aeste vor. Dieselben verhalten sich in ihrem weiteren Verlaufe ganz wie die ursprünglichen Nervenfasern, anastomosiren mit anderen Bündeln, und oft bleibt der eine der Aeste bei dem Stämmchen der Stamm-

faser, während der andere sich an ein anderes Stämmchen anlegt. Vielfach kommen auch fortgesetzte Theilungen vor, indem sich die Aeste wieder und wieder theilen, und, obgleich die Verbreitungsbezirke der ursprünglichen Nervenfasern nicht im Einzelnen nachgewiesen werden können, so ist es doch keinem Zweifel unterworfen, dass die Endäste der Regel nach durch einander geschoben sind: die Verbreitungsbezirke einander *interferiren*. Die meisten Theilungen finden da statt, wo sich eine oder mehrere Fasern von dem Nervengeflecht trennen, um, ganz oder beinahe senkrecht gegen die Hautoberfläche aufsteigend, was das Charakteristische dieser Nerven ausmacht, in die Papillen ein- und an ein Tastkörperchen heranzutreten. Gewöhnlich erhält ein solches zwei, seltener nur eine, noch seltener 3—4 Fasern, die sich bis zu den Plexus verfolgen lassen. Von den Aesten selbst, die aus Theilungen während des senkrecht aufsteigenden Verlaufs hervorgehen, treten entweder beide Aeste, jeder für sich, zu einem anderen, in verschiedenen Papillen liegenden Körperchen, das theils nur diese, theils aber eine oder mehrere ungetheilte, bis zu den Plexus zu verfolgende Nervenfasern erhält, oder der eine der beiden Aeste theilt sich nochmals, und die dadurch entstehenden Fasern verlaufen ebenfalls in analoger Weise. Auch in den Papillen finden häufig dichotomische Theilungen statt, seltener in 3, 4 und 5 Aeste, die alle zu demselben Körperchen gehen. Namentlich zeigen sich diese Theilungen, wenn nur eine Faser in der Papille vorhanden ist, oft aber treten, wie erwähnt, zwei und mehr Nervenfasern ein, die sich entweder alle, oder nur zum Theil innerhalb der Papille nochmals durch Theilung vervielfältigen. Unter den (S. 102) beschriebenen Zwillingspapillen finden sich solche, die in beiden Spitzen Gefässe, andere, die in beiden Spitzen Tastkörperchen, aber auch solche, die in der einen ein Körperchen, in der anderen eine Gefässschlinge enthalten (Fig. 289). Diese bilden den Uebergang zu einfachen, grossen, indess nur selten vorkommende Papillen, die in der Spitze ein Tastkörperchen, näher der Basis, nach einer Seite zu, eine Gefässschlinge darbieten. Das umgekehrte Verhalten ist noch seltener. Wenn in einer Zwillingspapille zwei Tastkörperchen, eines in jeder Spitze, vorhanden sind, werden zuweilen beide Körperchen von derselben Nervenfaser versorgt, die sich in der Basis der Papille dichotomisch theilt, häufiger erhält eine solche Papille mehrere Nervenfasern. Alle diese Fasern erstrecken sich bis zu dem Tastkörperchen, indem sie entweder näher der Axe der Papille sich halten und an das untere Ende der letzteren oder, mehr seitlich verlaufend, von der Seite an dasselbe herantreten; selten ist es, dass eine oder mehrere Nervenfasern bis zum oberen Theile des Körperchens in die Höhe laufen und dann erst sich zu demselben umbiegen. Wenn mehrere der letzteren in einer Papille sich befinden, so können sie von verschiedenen Seiten an das Körperchen herantreten.

Fig. 289.



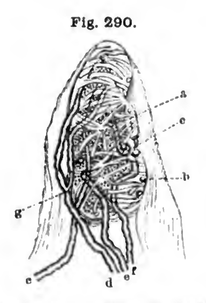
Reihe von Papillen aus der Volarfläche der Haut der dritten Phalanx vom Mittelfinger. Mit Natron. V. 400/200. *a* Tastkörperchen in dem einen Gipfel der Zwillingspapille. *b* Mässig gefüllte, dreimal gewundene Gefässschlinge in dem anderen Gipfel. *c* Zweimal gewundene, *d* gestreckte Gefässschlinge in einfachen Papillen.

Bau der Tastkörperchen. Man unterscheidet *einfache Tastkörperchen* und zusammengesetzte (S. 512): der Bau ist aber bei beiden insofern identisch, als die letzteren von zwei bis drei über einander gelagerten einfachen gebildet werden.

Die Nervenfasern sind bei ihrem Verlaufe von dem Stämmchen bis zu dem Tastkörperchen von kernhaltigem Neurilem umkleidet, das am besten nach Essigsäure-Zusatz wahrnehmbar ist; schliesslich geht dasselbe in die *bindegewebige Hülle* des Körperchens über. Diese ist an frischen Präparaten nur als zarte Contour wahrnehmbar. In derselben liegen einzelne, theils längs-, theils quergestellte, abgeplattet-ellipsoidische Kerne, die platten Inoblasten angehören, aus welchen die theilweise fasrige Hülle zusammengesetzt ist.

Von der Bindegewebshülle wird der *Innenkolben* eingeschlossen. Derselbe stellt eine festweiche, zähe, blasse, undurchsichtige, die Form des ganzen Körperchens wiederholende Masse dar, welche aus sehr kleinen, regelmässig runden, mattglänzenden Körnchen besteht. Während dieselben an grossen, mit mehreren Nerven versehenen (Fig. 290) Körperchen nur an einzelnen Stellen, in den Zwischenräumen der Querstreifen, wahrnehmbar sind, treten sie in anderen Fällen als Hauptinhalt des ganzen Körperchens hervor. So verhält es sich auf verticalen Hautschnitten; an horizontalen, die durch die Papillen selbst hindurch geführt werden, sind dieselben stets und oft mit grosser Deutlichkeit wahrzunehmen. Diese Körnchen sind vermittelst einer durchsichtigen Zwischensubstanz verkittet, die durch dieselben ein fein granulirtes Ansehen erhält; dieselbe ist mehr oder weniger fest, denn aus durchschnittenen Körperchen fliesst sie nicht aus, sondern zeigt eine glatte Schnittebene. Durch Reagentien wird sie zunächst nicht verändert, doch tritt sie durch längere Einwirkung von Natron deutlicher zu Tage. Während die Nervenfasern in das Tastkörperchen eintreten, geht deren Neurilem in die Bindegewebshülle über. Auf Flächenschnitten der Haut kann man direct die Nervenfasern im Innern des Körperchens wahrnehmen. Sehr oft ist die Faser gerade an ihrer Eintrittsstelle eingeschnürt und theilt sich in zwei oder mehrere Aeste, welche in das Innere eingehen. Im Allgemeinen richtet sich die Zahl der eintretenden Nervenfasern nach der Grösse des Tastkörperchens, doch kommen auch ganz grosse vor, die nur eine oder zwei Fasern haben. Ueberhaupt laufen letztere zuweilen gestreckt auf die untere oder seitliche Peripherie des Körperchens zu und gelangen so in dasselbe hinein; gewöhnlich aber, wenn mehrere Nervenfasern eintreten, bleiben sie nicht zusammen, sondern schlagen verschiedene Richtungen ein, indem die eine sich bogenförmig nach unten zu dem unteren Theile des Körperchens wendet, andere quer herüber laufen, andere gerade aufsteigen. Häufig winden sich die Fasern spiralig, und dies trifft meistens mit anscheinenden Einschnürungen

Fig. 290.



Papille von der Volarfläche des Zeigefingers. V. 400/200. Mit einem grossen mehrfach eingeschnürten Tastkörperchen und vier doppeltcontourirten Nervenfasern *c, d, e, f*. Die Faser *d* theilt sich dichotomisch bei *g* und schickt zwei Aeste zu dem oberen Theile des Körperchens. *e* windet sich spiralig und theilt sich bei *a* in fünf blasse Terminalfasern. *b* ist einer der hellen glänzenden Kreise am Rande des Körperchens, in Wahrheit der optische Querschnitt einer Terminalfaser.

(Fig. 290) des Tastkörperchens zusammen, durch welche ein längliches Körperchen in zwei oder mehrere rundliche, resp. an einander abgeplattete Abtheilungen zerfällt.

In Wahrheit sind solche eingeschnürte Gebilde manchmal zusammengesetzt: es sind zwei oder drei derselben, die *zusammengesetzte Tastkörperchen: Zwillings-* resp. *Drillings-Tastkörperchen* genannt werden, in der Längsaxe der Papille über einander gelagert. Berücksichtigt man dies, so ergibt sich, dass die einfachen Tastkörperchen in der That nur eine oder zwei doppeltcontourirte Nervenfasern erhalten.

Zwei Tastkörperchen über einander in derselben Papille haben Oehl (1857) und Thin (1873) beschrieben, und Letzterer hat solche häufig, sowie auch Drillinge (triplets) wahrgenommen. Hieraus erklärt sich, weshalb auf Flächenschnitten der Haut, z. B. an Osmiumsäure-Präparaten, mitunter Kerne im Innern des Innenkolbenquerschnitts auftreten (Langerhans, 1873). Dieselben gehören Inoblasten an, welche die untere Begrenzung des oberen oder die obere, d. h. der Papillenspitze zugewendete Umhüllung des unteren Tastkörperchens ausmachen. — Viele ältere Beobachter erkannten die Terminalfasern und Endknöpfchen in den Tastkörperchen nicht — weil letztere nicht frisch ohne Zusatz untersucht wurden oder weil Natron zu concentrirt angewendet war.

Terminalfasern. In vielen Fällen kann man die Nervenfasern, wie auch ihr Verlauf ausserhalb des Körperchens gewesen sein mag, nicht weiter, als bis an dasselbe verfolgen, an der Eintrittsstelle hören sie plötzlich auf, ohne dass etwas Weiteres zu ermitteln ist. Zuweilen theilt sich die eintretende Faser in zwei oder drei noch doppeltcontourirte Aeste, wie schon oben angegeben; in manchen Fällen hingegen gehen aus einer solchen Theilungsstelle drei bis sechs hand- oder büschelförmig ausstrahlende Aeste hervor, die einfach contourirte mattglänzende *Terminalfasern* darstellen. Diese sind es, die das eigenthümlich charakteristische Aussehen der Tastkörperchen bedingen, und durch ihren besonderen Verlauf es möglich machen, dieselben von allen übrigen Objecten zu unterscheiden. Sie sind, nicht streng genommen, Querstreifen, indem sie nicht parallel in der ganzen Ausdehnung des Körperchens von einer Seite desselben zur anderen verlaufen; oft kreuzen sie sich unregelmässig, und in dem oberen und unteren Theile namentlich laufen sie schräg und gebogen. Niemals gehen sie über die Contour des Tastkörperchens hinaus und verbinden sich weder mit dessen Hülle, noch überhaupt mit dem Gewebe der Papille, sondern endigen theils scheinbar in eine Spitze auslaufend, theils mit verdickten und kolbigen *Endknöpfchen* (S. 506).

Die Länge dieser Terminalfasern ist verschieden, da sie zuweilen über die ganze Breite des Körperchens verlaufen, oft nur die Hälfte desselben einnehmen. Die Anzahl wechselt ebenfalls: an kleinen Tastkörperchen nimmt man zuweilen nur drei bis vier wahr, während grosse zwanzig bis dreissig und vierzig enthalten. Ihre Zahl, von der wiederum die Breite der freien, mit molecularer Substanz des Innenkolbens erfüllten Zwischenräume abhängig ist, richtet sich im Allgemeinen nach der Zahl der eintretenden Nervenfasern; jedoch kommen auch grosse Körperchen mit vielen Querstreifen und nur einer Nervenfaser vor. Hier bleibt nichts übrig, als anzunehmen, dass die blassen Endäste zickzackförmig, spiralig gebogen in dem Körperchen verlaufen, sich wiederholt theilen und auf diese Art die grosse Anzahl der Querstreifen bedingen, was sich auch zuweilen durch directe Beobachtung bestätigen lässt. Auf ihrem optischen Querschnitt zeigen sich die Terminalfasern als runde, kernartige Gebilde (Fig. 290 *b*), die sich übrigens ganz gleich den queren Fasern verhalten.

Recht deutlich erscheinen die beschriebene Substanz des Innenkolbens und die darin eingebetteten Terminalfasern, wenn es gelingt, ein Tastkörperchen, aus seiner Papille herausgeschält, freischwimmend zu beobachten. Dergleichen Befunde lassen sich allerdings nicht beliebig zu jeder Zeit constatiren, weil das Gewebe der Papille zu fest und elastisch ist, um den das

× Oehl. Indagini di anatomia microscopica per servire allo studio dell'epidermide e della cute palmare della mano - Milano, 1857.

Körperchen einschliessenden Mantel so leicht zu zersprengen. Wenn man aber viele schräg geführte Schnitte untersucht, so findet man auch ohne alle Zusatzflüssigkeit theils isolirte, theils noch aus den Papillen hervorragende Körperchen. Dieselben sind entweder mit ihrer bindegewebigen Hülle und Kernen noch versehen; oder sie werden nur von einer ganz blassen, einfachen Contour umgrenzt, indem sie aus ihrer Bindegewebshülle herausgestreift sind. Sie sehen genau so aus, wie vorher in der Papille, zeigen dieselben queren Streifen, dieselbe moleculare, feinkörnige Masse; das Ganze ist fest und lässt sich nicht zerdrücken, und somit kann die Substanz des Innenkolbens keine Flüssigkeit sein (s. a. S. 511). Indessen ist auch der letztere öfters mit schräg oder gebogen, seltener mehr horizontal verlaufenden blassen Fasern durchsetzt. Auf Horizontalschnitten an frischer Haut sieht man zuweilen den ganzen Querschnitt mit solchen erfüllt, am häufigsten laufen einige Fasern gebogen dicht an der Innenfläche der Bindegewebshülle herum, nicht so oft sieht man den ganzen Horizontalschnitt ausgefüllt mit feinkörniger, molecularer Masse. Letzteres ist der Fall, wenn die wirkliche oder optische Schnittebene gerade die Mitte eines der erwähnten einfachen (S. 512) Körperchen getroffen hat. Wenn das ganze Körperchen mit seiner Längsaxe in der optischen des Microscops liegt, kann man durch Focusänderung verschiedene Bilder, bald quere Terminalfasern, bald die blasse moleculare Masse des Innenkolbens abwechselnd wahrnehmen. Daraus, dass man so oft die queren Fasern dicht innerhalb der äusseren Contour des Körperchens verlaufend deutlich erkennen kann, geht hervor, dass sie sich vorzugsweise an der inneren Oberfläche des letztern verbreiten.

Durch Osmiumsäure oder Goldchlorid schwärzen sich die Terminalfasern; nach Zusatz von verdünntem Natron treten sie kurze Zeit lang deutlicher hervor. Tinctionsmittel färben sie nicht stärker, als die Substanz des Innenkolbens, während die Kerne der Bindegewebshülle durch Carmin oder Hämatoxylin sich markiren. Innenkolben und Terminalfasern werden durch Millon's Reagens (S. 52) roth.

Die vom Verlauf der Terminalfasern herrührenden Querstreifen der Tastkörperchen sind bereits beim siebenmonatlichen Fötus sichtbar (W. Krause, 1860); ebenso beim Neugeborenen (W. Krause, 1860; Langerhans, 1873). Die Anzahl der Körperchen, resp. das Mengenverhältniss zwischen Gefäss- und Nervenpapillen ist beim Neugeborenen und Erwachsenen dasselbe: es werden also keine Tastkörperchen nach der Geburt mehr neugebildet (W. Krause, 1860) und ebensowenig reproduciren sie sich, wenn sie auf irgend eine Weise zerstört wurden. — Ausser beim Menschen kommen Tastkörperchen nur noch beim Affen (S. 528) vor, wo sie etwas kleiner sind; nicht aber beim Elephanten (S. 522), Vögeln (S. 509), Frosch (S. 525) etc. *

Was die Tastkörperchen an anderen Hautstellen anlangt, so verhalten sie sich in der Haut der Hohlhand selbst, sowie an der Fusssohle im Ganzen wie an den Fingern und Zehen. Am letzteren Orte ist ein Tastkörperchen auf je 3 Gefässpapillen zu rechnen (Meissner, 1853). Daselbst ist die Vertheilung eine mehr gruppenweise als gleichmässige und es sitzen auf einem Quadratmillimeter Haut am dritten Gliede des Zeigefingers etwa 21, am zweiten Gliede 8, am ersten 3, am Metacarpus digit. V. 1 bis 2, an der Plantarfläche des letzten Gliedes der grossen Zehe 7, in der Mitte der Fusssohle 1 bis 2 Tastkörperchen (Meissner). Wo die Körperchen sparsamer werden, sind zugleich die Nervenplexus weitmaschiger, die einzeln verlaufenden Nervenfasern seltener, und die Tastkörperchen selbst kleiner oder es fehlen wenigstens die grösseren Formen: Zwillings- und Drillingskörperchen. Noch sparsamer ausgestreut treten die Tastkörperchen auf der Dorsalfläche der Zehen und Finger, der Füsse und Hände auf; selten sind sie im Nagelbett, welches seine auffallende Empfindlichkeit dem Umstande verdankt, dass jeder Druck auf den Nagel sämmtliche darunter gelegene Nervenenden afficirt. Sie sitzen in den Spitzen der Papillen. Sparsam sind sie auch am freien

* Langerhans. Ueber Tastkörperchen u. rete Malpighii: Arch. f. mikr. Anat. Bd. IX. p. 730. 1873
Tomsa Wiener med. Wochenschrift. 1865; no. 52.
[illegible]
[illegible]

Rande der Augenlider, in der Haut der männlichen Brustwarze (noch seltener an der weiblichen), in der Schleimhaut des rothen Lippenrandes und der Clitoris, obgleich an den beiden letztgenannten Orten zahlreiche Nervenplexus vorhanden sind. Aber deren Fasern endigen grösstentheils auf andere Art (S. 520 u. 522).

Am Vorderarm sind Tastkörperchen so selten, dass es sehr schwierig ist, sie überhaupt aufzufinden; zuweilen sitzen sie in kleinen Gruppen von etwa fünf Körperchen. Im Mittel ist nur ein Körperchen auf 35 Quadratmillimeter Haut des unteren Theiles der Volarfläche zu rechnen (W. Krause, 1861). Die tiefer im Unterhautbindegewebe gelegenen Vater'schen Körperchen sind ebenfalls zu selten, um einen grösseren Theil der Hautnervenfasern zu absorbiren und es ist unzweifelhaft, dass die Orts-, Temperatur- und Druckempfindungen am Vorderarm wie an der ganzen behaarten resp. mit Talgdrüsen ausgestatteten äusseren Haut wesentlich durch diejenigen Nervenfasern vermittelt werden, die an den Wollhaaren endigen. An der genannten Stelle des Vorderarmes kommt ein solches auf etwa 2 Quadratmillimeter: die Zahl der Nerven-Endpunkte (Haare und Tastkörperchen) ist etwa 40mal geringer als am dritten Gliede des Zeigefingers in der Vola.

Es ist bisher nicht gelungen, die oben genannten, gewöhnlich als Tastsinn zusammengefassten Empfindungen auf die verschiedenen Nervenendigungs-Apparate der Haut zu vertheilen. Dagegen ist es für die Volar- und Plantarflächen unzweifelhaft, dass Orts- und Temperatur-Empfindungen, sowie feine Abstufungen schwächeren Druckes durch die Tastkörperchen, dagegen die Differenzen intensiverer Druckempfindungen (z. B. des Widerstandes, welchen ein einzuschlagender Nagel dem Hammer leistet) vermöge der Vater'schen Körperchen vermittelt werden. Letztere könnten daher auch als *Druckkörperchen* bezeichnet werden (W. Krause, 1861).

Die Fähigkeit, zwei berührte Punkte der Haut getrennt wahrzunehmen oder der Durchmesser eines Empfindungskreises, ist im Allgemeinen um so grösser, resp. letzterer um so kleiner, je zahlreicher die sensiblen Endpunkte (Tastkörperchen und Haare). Nach Bernstein (1871) verhalten sich deren auf physiologischem Wege gewonnenen Häufigkeitszahlen an der Fingerspitze und am Rücken wie 1:400. Die directe Zählung ergibt das Verhältniss nicht kleiner als 1:300. Die Uebereinstimmung ist um so unbefriedigender, als Bernstein die nothwendige geringste Distanz von zwei aufgesetzten Cirkelspitzen am Finger zu 2 Mm., an der Rückenhaut zu 40 Mm. angenommen hat, während sie in letzterer Gegend nach E. H. Weber (1829) 68 Mm. beträgt. Auf letzterer Grundlage aber würden die durch beide Wege gewonnenen Resultate nicht im Verhältniss von 4:3, sondern etwa von 4:1,5 differiren. Der Fehler liegt ohne Zweifel auf Seiten der physiologischen Theorie. Denn es kommt noch hinzu, dass es sich eigentlich nicht um die Endpunkte selbst, sondern um die jedenfalls geringere Anzahl der sie versorgenden und vermöge der Plexus mit einander interferirenden (S. 510) Nervenfasern handelt. Und Theilungen der letzteren sind in der Fingerhaut nicht nur absolut, sondern auch relativ häufiger als am Rücken, welcher Umstand jene Differenz noch zu vergrössern im Stande ist.

Da nach dem Gesagten die Ortsempfindungen an den unbehaarten Stellen der äusseren Haut von Tastkörperchen, an den behaarten zumeist durch die Wollhaare vermittelt werden, so mögen die Nervenendigungen an den Haaren hier abzuhandeln sein, obgleich an letzteren bisher keine terminale Körperchen (wohl aber an den homologen Vogelfederbälgen) nachgewiesen worden sind.

Nerven-Endigung an den Haaren.* Jedes Haar wird von Nervenfasern versorgt, die von den Plexus des Unterhautbindegewebes an den Haarbalg treten. Grössere Haare nervenreicher Gegenden, namentlich die Barthaare, erhalten ein kleines Stämmchen: die Wollhaare nur einzelne oder wenige doppeltcontourirte Nervenfasern. Meist in schräger Richtung längs des Haarbalges gegen die Hautoberfläche aufsteigend, verlaufen sie in dessen Adventitia, bieten Theilungen dar und erstrecken sich mit einzelnen längslaufenden Fasern bis zum Niveau der Einmündung der Talgdrüsen in den Haarbalg. Dann durchbohren sie einzeln in schräger Richtung die mittlere Schicht des Haarbalges meist unterhalb, seltener oberhalb der Einmündung der Talgdrüse, werden zu blassen Terminalfasern und sind bis dicht an die Glashaut resp. die äussere Wurzelscheide zu verfolgen (S. a. zweifelhafte Nervenendigungen, S. 541). — Die Haarpapille enthält keine doppeltcontourirten Nervenfasern und solche gelangen selten auch nur scheinbar in ihre Nähe, wenn sie nämlich im microscopischen Präparat die Papille deckend oder von ihr bedeckt sich nach oben erstrecken.

* Über Nervenendigungen in Tastzellen an den Haaren siehe Merkel, Tastzellen und Tastkörperchen, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 11, p. 644, 1875.

Bei Thieren ist das Verhalten im Wesentlichen ähnlich. Mit Sicherheit ist die Nervenendigung wie gesagt nur von den homologen Vogelfedern bekannt. Hier endigt jede doppeltcontourirte Nervenfaser mittelst eines kleinen in der Adventitia gelegenen Herbst'schen Körperchens, die meistens näher am Grunde des Federbalges sitzen. — Sehr dicke, beim Seehund etc. schon mit dem Scalpell darstellbare Nervenstämmchen vom Trigeminus erhalten die grossen *Spürhaare*, insbesondere der Oberlippe. Bei kleinen Säugern (Maus, Ratte, Kaninchen, Fledermaus) werden die Mündungen der Haarbälge von einem ringförmigen Plexus blasser mit Neurilem bekleideter Endfasern umsponnen und es gelangen wahrscheinlich einzelne solcher Fasern in absteigender Richtung an der Glasmembran verlaufend bis nahe zum Grunde des Haarbalges (Schöbl, 1870: Boll, 1871: Beil, 1871). Die Differenz ist nur scheinbar: an den kleinen Haaren der kleinsten Säuger kommt der Haarbalg gleichsam oberflächlicher zwischen die Nervenplexus der Haut zu liegen. An den meisten Haaren aber verlaufen die Nerven von der Tiefe her aufsteigend: es sind dunkelrandige Stämmchen an den Spürhaaren der Oberlippe des Kaninchens, blasse in der Ohrmuschel desselben Thieres und die Fasern verhalten sich in ihrem Verlaufe wie es vom Menschen beschrieben wurde.

Endkolben. ✗

Die *Endkolben*, kolbenförmige Endkörperchen der Nerven, corpuscula nervorum terminalia bulboidea, bulbetti, sind rundliche oder länglich-ellipsoidische Körperchen, die aus einer bindegewebigen Hülle mit Kernen und einem entweder (bei den meisten Säugethieren) annähernd cylinderförmigen, oder (beim Menschen und Affen) mehr kugligen Innenkolben von festweicher, feingranulirter Beschaffenheit bestehen. Der Innenkolben enthält eine oder mehrere sich öfters theilende und gewunden verlaufende blasse Terminalfasern, die aus einer eintretenden doppeltcontourirten Nervenfaser hervorgegangen, in den Innenkolben eingebettet sind und in der Axe desselben verlaufen, wenn der letztere von länglich-ovaler, cylindrischer Gestalt ist.

Cylindrische Endkolben.

Vorkommen. Wahrscheinlich kommen bei allen Säugethieren in der äusseren Haut und den Schleimhäuten als regelmässige Art der Nervenendigung Endkolben vor; hier werden zuerst die länglich-ovalen besprochen, welche bis jetzt aufgefunden sind: in der Conjunctiva beim Rind, Schaf, Schwein, Elephanten und Pferd; im Rüssel und der Lippe des Maulwurfs, in der Lippe beim Rind und bei der Katze; in der Unterzungenschleimhaut bei der Katze, dem Kaninchen, dem Eichhörnchen, der Ratte, der Maus; in der Backenschleimhaut des Igels; in der des harten Gaumens beim Kaninchen; in der Zunge beim Rind, Schwein, Elephanten und der Ratte; in der Glans penis beim Rind, Igel, Maulwurf, Kaninchen; in der Glans clitoridis beim Rind, Schaf, Schwein, Kaninchen; bei letzterem auch in der Vaginalschleimhaut. Ferner in der Haut der Volarfläche der Zehen der vorderen und hinteren Extremität beim Meerschweinchen, beim Maulwurf und bei der Katze, in den Ballen der Vola manus beim Eichhörnchen; in der äusseren Haut des Ohres bei der Maus und dem Kaninchen; derjenigen des Rumpfes bei der Maus, Ratte, dem Kaninchen und Wiesel.

Nervenverlauf. Der Bau der Endkolben ist an allen diesen Orten durchaus derselbe, wenn man von unbedeutenderen Differenzen, z. B. in der Grösse, absieht. Der näheren Beschreibung mögen einige Angaben über den Nervenverlauf vorausgehen, da derselbe an verschiedenen Orten ein sehr verschiedener und nicht überall gleich deutlich zu übersehen ist. Am besten gelingt dieses in der Conjunctiva bulbi vermöge ihrer Zartheit, ihrer dünnen Epithelialschicht, ihrem Freisein von Pigment, Haaren, Drüsen, stärkeren elastischen Fasern und sonstigen hindernden Elementen, so dass es nur Gefässe und Epithelien sind, die irgendwie der Verfolgung der Nerven in den Weg treten. Wenn man durch verdünnte Natronlauge jene erblassen, sowie das Gewebe der Schleimhaut selbst durchsichtig macht, so kann man in horizontal abgetrennten Stücken auf mehreren (5—8) Mm. einzelnen Nervenstämmchen in ihrer Verbreitung nachgehen und an diesem unübertroffen günstigen Object folgendes Verhalten wahrnehmen.

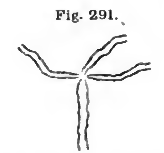
In der Conjunctiva bulbi bilden die aus dem subconjunctivalen Bindegewebe kommenden microscopischen Nervenstämmchen durch fortgesetzte Theilungen, Anastomosen und Faseraustausch einen reichhaltigen Plexus, dessen einzelne constituirende Stämmchen nach und nach immer weniger Fasern enthalten, während die Maschen enger werden und mehr oberflächlich liegen.

An den kleinsten Stämmchen von zwei bis drei Nervenfasern beobachtet man bereits vielfache, der grossen Majorität nach dichotomische Theilungen der letzteren selbst, die einzelnen Fasern biegen endlich entweder einfach von einem kleinsten Stämmchen ab, um unmittelbar nachher, nicht selten ganz dicht daneben zu endigen; oder sie verlaufen einzeln und fortwährend Aeste abgebend, die theilweise noch an andere Fasern oder deren Aeste eine Strecke weit sich anlegen, oder aber nach kurzem Verlaufe aufhören. Die meisten Nervenfasern theilen sich vor ihrem Ende noch einmal dichotomisch, seltener

* Litteratur –
W. Krause, Ueber Nervenendigungen in Ztschr. f. rat. Med. v. Henle u. Pfeuffer, III Reihe, 5 Bd. 1858, p. 28; u. Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven, Hannover 1860, p. 112, – Anat. Untersuch. Hannover 1861.
J. Arnold, Virch. Arch. Bd. 24, p. 250, u. Bd. 26 p. 366,
Lüdden (Schüler Kölliker's) Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XII. p. 470.
Kölliker, Gewebelehre, 1863 p. 116
Lightbody, Journ. of Anat. and Phys. No. 1. 1866. p. 15,
Manchle! Arch. f. path. Anat. Bd. 41, p. 148.

trichotomisch (Fig. 291) und zwar in unter spitzem Winkel weiter verlaufende Fasern; nicht selten aber biegen sich letztere ankerförmig um und endigen bald nach dieser Umbiegung.

Fig. 291.



Aus der Conjunctivalschleimhaut vom Menschen. Trichotomische Theilung einer doppeltcontourirten Nervenfaser. Mit Wasser. V. 350.

Wie immer eine Nervenfaser dahin gelangt sein mag, sie endigt stets, wo man ihr Ende deutlich sehen kann, in einem mattglänzenden Endkolben, in den das zugespitzte Ende der doppeltcontourirten Faser eintritt, entweder in gestrecktem Verlaufe oder in anderen Fällen, nachdem mehrere knäuelförmige Windungen der doppeltcontourirten Nervenfaser, die im Endkolben gelegen sind, stattgefunden haben.

In einzelnen Präparaten lässt sich der Nervenverlauf in der Conjunctiva so klar übersehen, dass nachzuweisen ist, wie eine von einem Nervenstämmchen abbiegende Faser durch vielfach wiederholte dichotomische und trichotomische Theilungen in eine grosse Anzahl isolirter Endäste ausstrahlt, die nicht mit anderen Fasern anastomosiren und einen abgegrenzten Raum der Schleimhautoberfläche mit sensiblen Endpunkten versorgen. An solchen Präparaten ist es ganz unzweifelhaft, dass jede einzeln verlaufende Nervenfaser in einem Endkolben endigt und dass hier also diese Art der Endigung als die einzig und allein vorkommende betrachtet werden muss. Es sind auf ein Quadratmillimeter Conjunctiva beim Kalbe 2—3 Endkolben zu rechnen, wo letztere dicht stehen.

Was nun den Nervenverlauf an den anderen (S. 515) aufgeführten Haut- und Schleimhautstellen von Säugethieren betrifft, so liegt der Unterschied von der Conjunctiva in der grösseren Dicke und Ausstattung der Schleimhautparthien mit Papillen. Die Lippe hat in dem mit Schleimhaut bekleideten Theile sehr lange, zungenförmige Papillen, die sich wesentlich wie die der Vola manus verhalten, namentlich die beschriebene Zähnelung (S. 102. Fig. 61) auf der Profilansicht darbieten. Unter den Papillen liegt ein reichhaltiges Nervengeflecht, aus welchem kleinste Stämmchen in die Höhe steigen und unter vielfachen Theilungen der einzelnen Fasern gegen die freie Oberfläche ausstrahlen, während der behaarte Theil der Lippe bedeutend weniger Nerven zeigt, die grösstentheils für deren Haare bestimmt sind.

Unterzungenschleimhaut. In den zarten Schleimhautfalten, die neben dem Frenulum linguae von dem Boden der Mundhöhle zur unteren Fläche der Zunge hinaufsteigen, lässt sich bei kleinen Thieren, namentlich Nagern, der Nervenverlauf an horizontal ausgebreiteten Hautstücken verfolgen, was die Untersuchung beträchtlich erleichtert. Die Verbreitung verhält sich wie in der Conjunctiva.

In der Zunge treten in die grösseren Papillae conicae resp. filiformes des Zungenrückens Nervenstämmchen ein, deren Fasern aber nicht in die secundären Papillen eingehen, welche vielmehr nur eine Gefässschlinge enthalten. Ebenso verhält sich die Anordnung in den langen conischen Papillen, welche hinter den beiden Papillae vallatae die Zungenwurzel des Schweines bedecken. — Unter der Basis der Papillae filiformes sieht man ziemlich reichhaltige Nervenplexus, von denen einzelne Fasern evident unterhalb derselben endigen. In die Papillae fungiformes treten Nervenstämmchen ein, welche ziemlich in der Axe der Papille verlaufen und unter der Basis der secundären Papillen aufhören, ohne der Regel nach in letztere einzugehen.

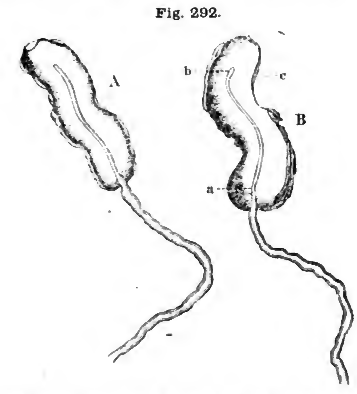
In der Volarfläche der Zehen der vorderen und hinteren Extremität sind die zahlreichen Nerven bei den kleineren Säugern, z. B. Kaninchen und Katze, ebenso angeordnet wie an den entsprechenden Stellen beim Menschen (S. 509) und Affen. Ein beträchtlicher Unterschied liegt aber darin, dass häufig Nervenfasern unterhalb der Papillen endigen, ohne in die letzteren einzutreten.

Die äussere Haut des Rumpfes der Maus ist durch Maceration in 1—3%iger Essigsäure leicht so durchsichtig zu machen, dass der Nervenverlauf klar zu übersehen ist. Hier finden sich wie in der Conjunctiva tiefer gelegene, weitmaschige, aus stärkeren Stämmchen gebildete Plexus und ein oberflächlicheres, engeres, die Haarbälge und Talgdrüsen umspinnendes, aus einzelnen oder wenigen Nervenfasern geflochtenes Netz, aus dem isolirte sehr feine, aber noch doppeltcontourirte Fasern hervorgehen, um in dicht unter der Epidermis gelegenen Endkolben zu endigen. — An allen diesen Orten verhält sich der Bau der Endkolben im Wesentlichen wie in der Conjunctiva.

Bau der cylindrischen Endkolben. In unmittelbarem Zusammenhange mit dem Neurilem der zugespitzt endigenden Nervenfaser steht die *Bindegewebshülle* (Fig. 292) des Endkolbens, indem das Neurilem sich dicht vor dem Ende der ersteren etwas abhebt, um in die letztere überzugehen. Die Hülle besteht aus zartem Bindegewebe; sie ist mit eingelagerten, mehr oder weniger länglichen, oft spindelförmig ausgezogenen Kernen versehen, die, namentlich an den Seiten deutlich, auch auf der oberen Fläche des Endkolbens einzeln sichtbar werden. An den grössten Endkolben (des Rindes) finden sich selten sehr feine Blutcapillaren in der Hülle

und deren nächster Umgebung verbreitet. — Auch erscheint die Hülle öfters gedoppelt: der zwischenliegende schmale helle Raum ist als *Lymphspalte* aufzufassen und einem Interlamellarraum der Vater'schen Körperchen homolog.

Fig. 292.

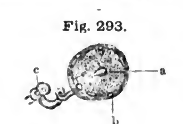


Zwei länglich-cylindrische Endkolben aus der Conjunctiva bulbi des Kalbes. Frisch, ohne Zusatz. V. 300. *A* Mehr gestreckt, *B* gewunden verlaufend. *a* Terminalfaser. *b* Ende derselben. *c* Kern der Bindegewebshülle.

Die Hauptmasse des Endkolbens besteht aus einem annähernd cylinderförmigen *Innenkolben* von feingranulirter, mattglänzender Substanz, in deren Axe eine blasse Terminalfaser verläuft und mittelst eines kolbig verdickten *Endknöpfchen* aufhört. Nach Zusatz von Wasser wird der Innenkolben deutlicher granulirt, zuweilen zeigt derselbe auch eine feine Längsstreifung; Kerne sind darin mit Bestimmtheit nicht wahrzunehmen. Der Innenkolben selbst hat rings um die Terminalfaser herum annähernd dieselbe Dicke, insofern deren Endknöpfchen schon in einiger Entfernung von der Begrenzung des ganzen Endkolbens gelegen ist. Die erstgenannten beiden Gebilde entsprechen auf's Evidenteste den homologen (seit W. Krause, 1860) gleichfalls als Innenkolben und Terminalfaser bezeichneten Bestandtheilen der Vater'schen Körperchen der Säugethiere; die Differenz liegt nur in der Grösse, die bei den Centralgebilden des Vater'schen Körperchens bei dem gleichen Säugethiere im Allgemeinen bedeutender ist.

Die *Terminalfaser* erscheint an ganz frischen unveränderten Präparaten als unmittelbare blasse, gewöhnlich abgeplattete Fortsetzung der doppeltcontourirten Nervenfaser. Sie zeigt sich zuweilen von zwei ganz feinen parallelen Contouren begrenzt; bei irgend welchen äusseren Einwirkungen: Fäulniss, Wasserzusatz, Druck etc. wird sie sehr rasch ganz oder theilweise zerstört, so dass nur einzelne Bruchstücke noch wahrnehmbar sind, öfters ist auch ein Ende nicht deutlich zu erkennen und sie verschwindet schon ungefähr in der Mitte der Länge des Endkolbens; zuweilen ist auch das Ende nicht rundlich kolbenförmig, sondern unregelmässig gezackt, obwohl sehr blass, ganz wie das Ende der Terminalfaser im Vater'schen Körperchen, was für eine zufällige Veränderung des normalen Endknöpfchens zu halten ist.

Fig. 293.



Optischer Querdurchschnitt eines länglichen Endkolbens aus der Conjunctiva bulbi des Rindes, vom peripherischen Ende her gesehen. Nach mehrtägiger Maceration in 3 0/0iger Essigsäure. V. 450/300. *a* Endknöpfchen der Terminalfaser in der Axe des Innenkolbens gelegen. *b* Kern der Bindegewebshülle quer durchschnitten. *c* In anderer Focaldistanz liegende, an den Endkolben tretende, doppeltcontourirte Nervenfaser.

Die Form der Endkolben wechselt; von der beinahe regelmässig cylindrischen, auch mit verdünntem Anfange und dickerem Ende, kommen mannigfache Biegungen, Schweifungen, Knickungen bis zur knieförmigen Umbeugung vor. Die gestreckteren Formen zeigen oft leichte Einschnürungen, welche ganz an diejenigen der Tastkörperchen erinnern. Theilungen der Terminalfaser und des Innenkolbens kurz vor ihrem Ende, analog denen der Vater'schen Körperchen, sind nicht mit Bestimmtheit wahrgenommen. Wie man auf optischen Querdurchschnitten (Fig. 293) sieht, ist der Breiten- und Dickendurchmesser ziemlich derselbe, da der Durchschnitt meist kreisförmig erscheint, der Endkolben also, wenn man von einer geringen Abplattung absieht, im Allgemeinen einen Cylinder darstellt.

Wie bei den Vater'schen Körperchen, kommt es in seltenen Fällen vor, dass die Nervenfaser mit ihren doppelten Contouren sich noch eine Strecke weit in den Innenkolben fortsetzt (W. Krause, 1861, Zunge des Schweines), oder dass das peripherische Ende des Innenkolbens getheilt ist (Lüdden, 1862), wobei die Terminalfaser sich ebenfalls dichotomisch verzweigt.

Die Lage der Endkolben in der *Conjunctiva* ist unmittelbar unter der festeren oberflächlichsten Bindegewebsschicht, die in der Conjunctiva bulbi an die Stelle des Papillarkörpers tritt. Sie liegen theils horizontal unter derselben, theils in mehr oder weniger grossem Winkel mit ihrem dickeren Ende gegen dieselbe gerichtet und ebenso verhalten sie sich in der Haut des Rumpfes der Maus. Hier, wie in der Conjunctiva, scheint mitunter eine gruppenförmige Anordnung vorhanden zu sein. Wenigstens kommt es in der äusseren Haut bei der Maus vor, dass drei Endkolben auf den Raum eines Kreises von 0,2 Radius zusammengedrängt gefunden werden, während auf langen Strecken in der Nachbarschaft keine wahrnehmbar waren. In ebenfalls analoger Weise liegen sie in den anderen erwähnten Hautstellen, die Papillen tragen, meistens unterhalb des Niveau der letzteren; nur ist die Auffindung an allen diesen Stellen ohne Vergleich schwieriger als in der Conjunctiva, hauptsächlich weil man wegen der Dicke der Häute und der sonstigen hindernden Elemente genöthigt ist, dieselben auf verticalen Schnitten zu untersuchen und daher den Verlauf einzelner Nervenfasern nicht so wie in horizontal ausgebreiteten Conjunctiva-Stücken übersehen und bis zu ihrem Ende verfolgen kann.

In der *Zunge* des Rindes finden sich Endkolben in den macroscopischen, spitzen Papillen am hinteren Theile der Seitenfläche der Zunge unter der Basis der secundären Papillen. Ebenso unterhalb der letzteren in den Papillae conicae am Rücken der Zunge des Schweines hinter den beiden Papillae vallatae. — Ferner wurden Endkolben beobachtet im Gewebe der *Vaginalschleimhaut* des Kaninchens. — Auch in der Haut der Fingerglieder an den vorderen und hinteren *Extremitäten* des Meerschweinchens, des Maulwurfs und der Katze liegen die Endkolben unterhalb des Niveau der Papillen, gewöhnlich unter spitzem Winkel gegen die Oberfläche gerichtet. Nur in den microscopischen Papillen, die auf den nicht mit Haaren besetzten Ballen der Volarfläche der Hand des Eichhörnchen sich finden, ist es mit Hülfe von verdünnter Natronlauge gelungen, zahlreicher Endkolben ansichtig zu werden, die gewöhnlich sehr mannigfaltig gebogen und geschlängelt, theils bis zur halben Höhe, theils bis zu den Spitzen der Papillen sich erstrecken. Die Nervenfasern endigen jede einzeln in einem Endkolben und meistens findet sich nur ein solcher in einer Nervenpapille, in grossen Papillen auch wohl zwei oder einer zugleich mit einer Blutgefässschlinge.

In der *äusseren Haut* des Rumpfes liegen die Endkolben bei kleinen Säugethieren (Maus, Spitzmaus, Ratte, Kaninchen, Wiesel) sparsam vertheilt zwischen den Haarbälgen nahe der freien Oberfläche der Cutis. Ebenso in der Haut des *äusseren Ohres* bei der Hausmaus.

Kuglige Endkolben.

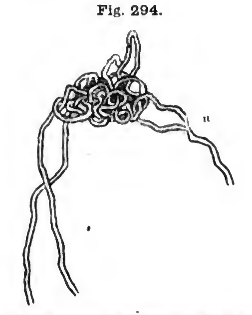
Die Endkolben des Menschen (und Affen) sind rundliche, oft beinahe kugelförmige Körperchen oder die grosse Axe des Ellipsoids ist nur wenig länger als die kleine. Die Bindegewebshülle mit ihren Kernen und der von derselben umschlossene feingranulirte Innenkolben verhalten sich wie bei den Endkolben der übrigen Säugethiere. Anstatt der einen in eine blasse Terminalfaser sich fortsetzenden Nervenfaser treten aber in diese Endkolben oft zwei aus einer dichotomischen Theilung hervorgegangene Fasern ein, und häufig bilden die eine oder die beiden eintretenden Nervenfasern im Anfangstheil des Endkolben gelegene, dicht gewundene Knäuel, aus denen ebenfalls gewundene marklose, im Innern endigende Terminalfasern hervorgehen.

Das Vorkommen betreffend, so sind sie bis jetzt aufgefunden: beim Menschen in der Nasenschleimhaut (S. 176), in der Conjunctiva, den Papillen des rothen Lippenrandes, unter denselben, sowie in der Backenschleimhaut (S. 180) und derjenigen des weichen Gaumens (S. 185), ferner in den Schleimhautfalten unterhalb der Zunge (S. 191), an der Zunge in den Papillae fungiformes (S. 188), conicae und vallatae (S. 189), unter der Basis der filiformes (S. 186), und in den Fimbriae linguae (S. 190); in der Schleimhaut der Epiglottis (S. 197) und der Columnae Morgagni des Rectum (S. 219), endlich der Glans penis et clitoridis (S. 523). Beim *Affen* in der Conjunctiva, in dem inneren Theile der Lippe und in der Unterzungenschleimhaut. Sowie derselbe das einzige Thier ist, bei dem bis jetzt terminale Körperchen beobachtet sind, die den Tastkörperchen des Menschen vollkommen gleichen, so besitzt auch nur der Affe

merkwürdiger Weise rundliche Endkolben, die mit den menschlichen ganz und gar übereinstimmen (S. 521).

Die Nervenausbreitung in der Conjunctiva des Menschen (und Affen) verhält sich wie die (S. 515) beschriebene bei den Säugethieren, nur finden sich beim Menschen im Verlauf einzelner Fasern *Nervenknäuel.* Sie bestehen aus vielfachen Durchschlingungen einer oder mehrerer doppeltcontourirter Nervenfasern, liegen mitten im Gewebe und nicht selten kann man eine oder zwei Nervenfasern, Aeste einer in oder vor (Fig. 294 *n*) dem Knäuel sich getheilt habenden Faser nach der Peripherie zu verfolgen. Im Ganzen sind sie selten, indessen findet man bei sorgfältigem Nachsuchen fast an jeder Leiche einen oder mehrere. Sie messen durchschnittlich 0,11 Länge, 0,09 Breite, sind manchmal fast sphärisch und lassen in anderen Fällen einzelne Schlingen an ihrer Oberfläche mehr hervortreten.

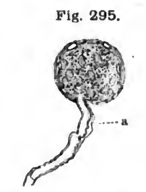
Fig. 294.



Aus der Conjunctiva des Menschen. Mit Wasser. V. 300. Nervenknäuel mit einer an der einen Seite mittelst einer Theilung *n* in den Knäuel eintretenden Faser; an der anderen Seite verlaufen die beiden daraus hervorgegangenen Nervenfasern zur Peripherie.

Was den Eintritt der Nervenfaser in den Endkolben selbst betrifft, so ist derselbe auf die mannigfaltigste Weise modificirt. Oft zwar läuft dieselbe fast gestreckt auf den Endkolben zu und dieser sitzt symmetrisch auf der Nervenfaser, wie ein Apfel auf seinem Stiele (Fig. 295). Oder die letztere macht eine hakenförmige, hirtenstabähnliche Biegung und seitlich an derselben liegt der Endkolben. Es kommen einfache Schlängelungen vor, aus einer Windung bestehend und andererseits sehr zahlreiche, die ganz an die erwähnten Nervenknäuel erinnern,

Fig. 295.



Endkolben aus der Conjunctiva bulbi des Menschen nach mehrtägiger Maceration in 3 %iger Essigsäure. V. 300. Die Substanz des Innenkolbens ist dunkel und körnig geworden; zahlreiche Kerne zeigen sich am Rande und an der oberen Fläche der Bindegewebshülle des Endkolbens. *a* Kern des Neurilems der zutretenden Nervenfaser.

Fig. 296.



Grosser Endkolben aus der Conjunctiva bulbi. Ohne Zusatz. V. 300. Aus dem Knäuel, welchen die bei *n* sich theilende Nervenfaser bildet, gehen schliesslich vier blasse, gebogen verlaufende Terminalfasern hervor.

aber grösstentheils innerhalb der Bindegewebshülle des Endkolbens gelegen sich zeigen (Fig. 296). Es kommt auch vor, dass eine Nervenfaser sich

dichotomisch theilt, worauf beide Aeste neben einander verlaufend in denselben Endkolben eintreten und darin theils sofort, theils nach vielfachen Verknäuelungen endigen.

Bau der kugligen Endkolben. Im Uebrigen weicht der Bau dieser Endkolben wenig von dem der länglich-ovalen der meisten Säugethiere ab. Die *Bindegewebshülle* mit länglichen Kernen verhält sich ebenso; sie kann an einzelnen Körperstellen besonders stark entwickelt sein, z. B. in der Glans penis et clitoridis. Der rundliche *Innenkolben* besteht aus feingranulirter Substanz ganz wie der gleichnamige Bestandtheil in den Tastkörperchen und cylindrischen Endkolben; auch treten nach Natronzusatz dieselben feinen, stark glänzenden Körnchen auf. Die *Terminalfaser* ist seltener einfach, und verläuft auch dann gewöhnlich etwas gebogen, meistens theilen sich die eintretenden Nervenfasern sofort dichotomisch oder trichotomisch in gewunden verlaufende, blasse Terminalfasern, die an verschiedenen Stellen des Endkolbens partiell zum Vorschein kommen. Deutlich sind diese Verhältnisse nur an ganz frisch untersuchten Endkolben.

Sowohl hören die nach gestrecktem Verlaufe einzeln oder zu zwei in Endkolben eintretenden und in eine oder mehrere Terminalfasern übergehenden Nervenfasern innerhalb des Innenkolbens nach geschlängeltem Verlaufe mit Endknöpfchen auf, als zu constatiren ist, dass aus den im Anfang der Endkolben gelegenen Nervenknäueln mehrere blasse Terminalfasern hervorgehen, die nach mehrfachen Biegungen und Krümmungen in der Substanz des Innenkolbens endigen. Nicht immer kann man hier kolbenförmige Endanschwellungen wahrnehmen, gewöhnlich hören die Terminalfasern unbestimmt oder spitzzulaufend auf; Theilungen dicht vor der Endigung sind nicht mit Bestimmtheit beobachtet. Nach diesen Befunden liegen also bei den rundlichen Endkolben oft mehrere Terminalfasern in demselben Innenkolben eingebettet. (Aehnliches Verhalten wurde als seltene Varietät im Innenkolben der Vater'schen Körperchen bei der Katze und der Herbst'schen Körperchen beim Huhne constatirt).

Ueber das Verhalten der eintretenden Nervenfasern ist übrigens manchmal nichts auszumachen: die Endkolben sehen blass und feingranulirt aus. Nur an sehr frischen Präparaten erkennt man die blassen, mehr in der Längsaxe verlaufenden, aus den ersteren hervorgehenden Terminalfasern. Die geringe Resistenz gegen Natron, die Zartheit und Kleinheit, der Mangel an Querstreifen unterscheiden nun, abgesehen von dem Vorkommen im unteren Theile der Papillen, wo letztere vorhanden sind, diese Körperchen sehr wesentlich von Tastkörperchen, während für letztere die durch ihre Terminalfasern bedingte (S. 512) Querstreifung so charakteristisch sich ausnimmt.

Die Lage der Endkolben in der Conjunctiva ist wie bei den Säugethieren dicht unter der oberflächlichsten Bindegewebsschicht; ebenfalls endigen häufig Nervenfasern in Endkolben, die neben einer fortlaufenden Faser gelegen sind, wobei die zu dem Endkolben tretende Faser sich hakenförmig umbiegen kann. — Einzelne Endkolben sitzen auch in der Spitze der sich über den oberen und unteren Cornealrand erstreckenden Bindegewebsleisten der Conjunctiva, die sich auf dem Querschnitt wie Papillen ausnehmen.

Lippe. Im rothen Lippenrand verhält sich die reichhaltige Nervenvertheilung wie die oben beschriebene bei Säugethieren; auch kommen daselbst Nervenknäuel vor; sie sind ebenso wie die der Conjunctiva beschaffen. Endkolben mit einer oder zwei eintretenden Nervenfasern finden sich theils

in der Spitze der Papillen, theils in der Mitte der Höhe unterhalb des Bogens der Gefässschlinge, die dann den oberen Theil einnimmt, selten auch unter der Basis zwischen zwei benachbarten Papillen. Blutgefässe sind in allen Papillen enthalten und bei der Grösse der Papillen einer-, der relativen Kleinheit der Endkolben andererseits ist hier Platz genug für das Zusammenvorkommen beider Gebilde vorhanden.

Die Nervenknäuel wurden in der Lippe des Pferdes von Gerber (1840) entdeckt, von Kölliker in der Lippe (1852) und in der Conjunctiva des Menschen (1850); von W. Krause an letzterem Orte (1858), ferner auch in Muskeln des Huhnes (1863) und in der Gl. parotis des Pferdes (1864) beobachtet. Ciaccio (1874) hielt die der Conjunctiva irrthümlich für Endapparate (fiocchetti nervosi). — Die Endkolben der menschlichen Lippe sind von Kölliker (1852) zuerst gesehen, aber als undeutliche Tastkörperchen oder Axenkörper bezeichnet. In der That kommen Uebergangsformen vor (W. Krause, 1860): einige dieser rundlichen Körperchen haben deutliche, wenn auch sparsame, querverlaufende Terminalfasern. Bei Cercopithecus sabaeus und Macacus cynomolgus sind dagegen unzweifelhafte Tastkörperchen in der Lippe vorhanden (W. Krause, 1860), die nach dem Innern der Mundhöhle hin von Endkolben ersetzt werden.

Unterzungenschleimhaut. In den Schleimhautfalten, die sich neben dem Frenulum linguae vom Boden der Mundhöhle nach der Zunge erstrecken, verhalten sich Nervenverlauf und Endkolben wie in der Conjunctiva. — Sparsam sind letztere in der Backenschleimhaut. — Im weichen Gaumen finden sie sich unter der Basis der Papillen und zuweilen auch in der halben Höhe derselben. — Ueber die Endkolben der Zunge und des Rectum s. letztere (S. 186 u. S. 219), über die der Genitalien s. unten (S. 523).

Nachzuweisen sind die Endkolben am bequemsten in der Conjunctiva des Menschen, in der Unterzungenschleimhaut der Ratte und der Vaginalschleimhaut des Kaninchens. Letztere legt man 1—3 Tage in 1—3%ige Essigsäure; mit der Conjunctiva und Unterzungenschleimhaut verfährt man ebenso, oder untersucht sie möglichst frisch ohne Zusatz. Es kommt darauf an, die Conjunctiva vom subconjunctivalen Bindegewebe abzupräpariren, nachdem man den ganzen Bulbus herausgenommen oder in Essigsäure-Lösung vorher gelegt hat. Die Hauptschwierigkeit liegt in einem Umstande, den keine Methode zu beseitigen vermag: in der relativen Seltenheit der Endkolben. Am dichtesten sitzen sie dicht am Cornealrande, wo die Conjunctiva fest anhaftet und man muss gerade diesen Schleimhautring untersuchen, anstatt ihn am Bulbus beim Abpräpariren sitzen zu lassen. Durchschnittlich kommt daselbst ein Endkolben auf 2,5 Quadratmillimeter (W. Krause, 1861); sie sind aber *gruppenförmig* vertheilt, indem viele den Aesten einer oder mehrerer Nervenfasern ansitzen (z. B. 11 auf einer Fläche von 8,28 Quadratmillimeter). So ergibt sich die auffallende Differenz, dass eine mit so lebhaftem Gemeingefühl begabte Schleimhautparthie doch an Zahl der sensiblen Endpunkte der Haut der Fingerglieder beträchtlich nachsteht, da, wie erwähnt (S. 513), 21 Tastkörperchen auf jedes Quadratmillimeter der Volarfläche des letzten Fingergliedes kommen. In physiologischer Beziehung (für den Ortssinn) dürfte diese relative Vermehrung der Zahl der sensiblen Endpunkte an den Volar- und Plantarflächen von grosser Wichtigkeit sich erweisen.

Zur Erkennung des Nervenverlaufs ist sehr verdünnte Natronlösung nützlich, worin sich die Endkolben eine Zeit lang erhalten. An den Essigsäure-Präparaten entfernt man durch Abstreifen das Epithel und stets sollte die vom letzteren bedeckte Fläche unter dem Microscop nach oben gekehrt werden. Zur Auffindung sind 2—300fache Vergrösserungen und Microscope mit grossen Gesichtsfeldern wesentlich. Nichtberücksichtigung derartiger vielfach hervorgehobener (W. Krause seit 1858) Vorsichtsmaassregeln erklären es vielleicht, dass einige Beobachter keine Endkolben finden konnten oder sie für Kunstproducte hielten. Bestätigt wurden sie für die Conjunctiva des Rindes von Frey (1859), für die des Menschen von Kölliker (1863) mit Lüdden (1863), durch letzteren auch für die Conjunctiva des Kalbes und Affen und die äussere Haut von Säugethieren (S. 528). In der Conjunctiva des Menschen sahen ebenfalls Endkolben Lightbody (1866), Eberth mit Mauchle (1867, auch beim Kalbe) und Rouget (1868). Letzterer bestätigte sie beim Menschen in der Lippe, Zunge, Backenschleimhaut, Glans penis et clitoridis; Ciaccio (1871) für die Conjunctiva des Menschen und wies nach, dass die Terminalfasern sich mit Gold färben lassen. Waldeyer (Schwalbe's Jahresber. f. 1874) stellte die Endkolben der Conjunctiva mittels 0,1%iger Osmiumsäure dar. — Sehr bemerkenswerth erscheint es, dass der Affe (Cercopithecus sabaeus und Macacus cynomolgus, W. Krause, 1860) das einzige Thier ist, das rundliche Endkolben und Tastkörperchen wie der Mensch, und zwar an correspondirenden Körperstellen, besitzt.

Ueber die Entwicklungsgeschichte der Endkolben ist nur bekannt dass sie sich bei einem sechsmonatlichen menschlichen Embryo in der Conjunctiva bulbi als kuglige Haufen von kernhaltigen Zellen darstellen, die 0,03 Mm. Durchmesser und bereits eine unterscheidbare Bindegewebshülle besitzen (W. Krause, Motorische Endplatten, 1869, S. 90).

Endkapseln.

Diese terminalen Körperchen stellen eine Uebergangsform zwischen Vater'schen Körperchen und cylindrischen Endkolben dar. Es sind gleichsam sehr kleine Vater'sche Körperchen: sie bestehen aus einer Nervenfaser, Innenkolben und sehr wenigen concentrisch geschichteten Lamellen. Bisher wurden sie nur beim Igel und Elephanten gefunden.

In der Backendrüse des Igels oder den Gl. buccales inferiores ist ein reichhaltiger Plexus doppeltcontourirter sensibler Nervenfasern vorhanden. Stämmchen derselben treten in die einzelnen, mit selbstständigen Ausführungsgängen versehenen Drüsenläppchen. Sie verästeln sich, und ihre isolirten Fasern endigen neben den Ausführungsgängen oder zwischen den Acini der Läppchen mit Endkapseln.

Die Endkapseln sind ellipsoidisch, 0,04 – 0,11 lang, 0,03 – 0,04 dick. In ihrer Axe verläuft ein kleiner, zuweilen S-förmig gebogener Innenkolben, der eine feine Terminalfaser enthält. Am centralen Pol hängt letztere mit der eintretenden doppeltcontourirten Nerven-

faser zusammen, am peripherischen hört sie mit einem Endknöpfchen auf. Es fehlt wie das äussere Lamellensystem, so auch der Stiel und Stielfortsatz des Vater'schen Körperchens. Die kernhaltigen Lamellen oder Kapselmembranen (3—8) liegen sehr nahe an einander, und wegen ihrer schlanken Form gleichen die Endkapseln meistens cylindrischen Endkolben, deren Wandung sich verdickt hat. Die Vater'schen Körperchen des Igels haben etwa 8 mal grössere Durchmesser: die Endkolben desselben Thieres in der Backenschleimhaut und Glans penis sind etwa halb so gross als die Endkapseln und noch schlanker.

Im Penis des Igels finden sich Endkapseln gruppenförmig angeordnet neben Endkolben unterhalb der Schleimhaut-Papillen.

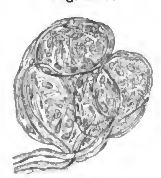
Auch in der Zunge des Elephanten werden Endkapseln angetroffen. Dieses Thier besitzt in seiner Conjunctiva bulbi gewöhnliche cylindrische Endkolben. Am vorderen Theile des Seitenrandes sind an der Zunge grössere Papillen vorhanden, die zum Theil in ihrer Spitze cylindrische Endkolben von 0,045 Länge auf 0,017 Dicke enthalten. Andere Nervenfasern endigen im submucösen Gewebe mit kleinen Vater'schen Körperchen von 0,17 Länge auf 0,11 Querdurchmesser; diese haben beispielsweise 20 Lamellen. Drittens finden sich in den erwähnten Papillen hier und da Endkapseln, die in ihrem Bau denjenigen des Igels vollkommen entsprechen. Sie sind etwas grösser: z. B. 0,085 lang, 0,056 dick, und sitzen am Seitenrande der Papille ungefähr in der halben Höhe von letzterer.

Beim Elephanten hatte Corti (1853) in Zungenpapillen terminale Körperchen beobachtet und als Tastkörperchen bezeichnet, die W. Krause (1858) für Endkolben hielt. Sie haben nach Corti 0,18 Länge und 0,14 Dicke. Nach eigener (1874 angestellter) Untersuchung eines afrikanischen Elephanten sind aber die Tastkörperchen Corti's unzweifelhaft Endkapseln gewesen (W. Krause). Die geringere, im Text angegebene Grösse erklärt sich aus dem Umstande, dass der Elephant ein ganz junges Thier war, der Corti'sche dagegen ausgewachsen. Auf ersteren beziehen sich auch die übrigen Zahlenangaben.

Genitalnervenkörperchen.

Am bequemsten ist die Clitoris des Menschen, wegen ihres grossen Nervenreichthums, zu untersuchen. Hier und auch in der Glans penis verhält sich der Nervenverlauf im Wesentlichen wie in anderen Schleimhäuten, z. B. der Lippe. An beiden Stellen der Geschlechtsorgane finden sich stärkere Windungen und Schlängelungen der einzeln verlaufenden Nervenfasern, als an anderen Schleimhautparthieen, was mit der Volumsänderung der betreffenden Organe bei der Erection zusammenhängen dürfte. Einige wenige Nervenfasern endigen in der Glans clitoridis mit quergestreiften, in der Spitze der Papillen gelegenen Tastkörperchen, andere mit Endkolben, welche sich im Gewebe der Schleimhaut selbst, unterhalb der Papillenbasis, befinden; bei weitem die meisten aber mit *Genitalnervenkörperchen,* Wollustkörperchen (Fig. 297). Sie liegen im Gewebe der Schleimhaut unterhalb der Basis der Papillen. Ihre Form ist sehr verschieden; charakteristisch ist es, dass sie an der Oberfläche Einschnürungen zeigen, wodurch sie eine maulbeerförmige Beschaffenheit erlangen. Kleinere sehen bohnenförmig, biscuitförmig aus. oder zeigen eine Kleeblatt-, resp. Herz-ähnliche Gestalt. Die Zahl der Einschnürungen beträgt 1—5; die Grundform der primären, als Endkolben aufzufassenden Abtheilungen, in welche die Körperchen hierdurch zerfallen, ist kuglig oder ellipsoidisch. Sie bestehen aus einer sehr festen kernreichen Bindegewebshülle und einem weichen feinkörnigen Innenkolben. Ob die Substanz des letzteren durch das ganze Körperchen hindurch zusammenhängt, oder ob, analog wie bei den Zwillingstastkörperchen (S. 512), bindegewebige Scheidewände die einzelnen Abtheilungen von einander sondern, ist im Einzelfalle nicht immer zu unterscheiden. Jedenfalls kommt letzteres Verhalten vor. Meist treten 1—2, seltener 3—4 doppeltcontourirte Nervenfasern

Fig. 297.



Genitalnervenkörperchen aus der Schleimhaut der Clitoris des Menschen von Maulbeerförmiger Gestalt mit fünf Einschnürungen und mit zahlreichen Kernen der Bindegewebshülle. Nach Maceration in 3%iger Essigsäure. V. 300.

in die Genitalnervenkörperchen. Aus denselben gehen in auffallend grosser Anzahl sehr feine blasse Terminalfasern von nur 0,00005 Dicke hervor. Diese Vorrichtung dürfte die Intensität der Gefühls-Eindrücke zu steigern geeignet sein. Die Grösse der Körperchen schwankt; einzelne sind kaum grösser, als die oben erwähnten Endkolben, von denen sie sich durch ihre Einschnürungen unterscheiden; andere haben bis zu 0,15—0,2 Mm. Dicke und Länge. Die grösseren Genitalnervenkörperchen erscheinen in so complicirten und mannigfaltigen Gestaltungen, dass es schwer werden kann, die einfachen Grundformen darin wieder zu erkennen.

Im Penis des Menschen sind die Körperchen von derselben Beschaffenheit. Sie finden sich bis zur Harnröhrenmündung in der Schleimhaut der Glans. Ausserdem kommen Endkolben vor. Ueber die Vater'schen Körperchen der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane s. S. 295 u. S. 502. — Im Frenulum praep. des Penis sind doppeltcontourirte Nervenfasern sehr zahlreich vorhanden. — Was die übrige Schleimhaut der weiblichen Genitalien betrifft, so kommen in den Labia minora unterhalb der Papillen Endkolben vor: die Genitalnervenkörperchen aber fehlen sonst gänzlich.

Hiernach ist es keinem Zweifel unterworfen, dass die Geschlechts-Empfindung an die Genitalnervenkörperchen gebunden ist. Da sich terminale Körperchen nach ihrer Entfernung nicht reproduciren, so muss das Aufhören der ersteren nachfolgen, wenn gesunden Mädchen aus beliebigen Gründen die Clitoris exstirpirt wird. Die wenig feine Orts-, resp. Tastempfindung überhaupt dürfte an den Geschlechtsorganen von den Endkolben, resp. Tastkörperchen vermittelt werden.

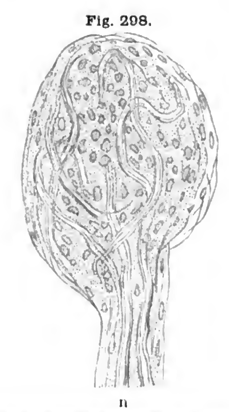
Auch bei Säugethieren sind Genitalnervenkörperchen bekannt. Sie finden sich in der Clitoris des Kaninchens (W. Krause mit Finger, 1866) nebst Endkolben und Vater'schen Körperchen. Letztere beiden Arten führt auch die Vaginalschleimhaut des Kaninchens (W. Krause mit Polle, 1865). Mehr eiförmig sind die Genitalnervenkörperchen im Penis des Katers; im Penis und in der Clitoris des Schweines (W. Krause mit Bense, 1868). An letzterem Orte sitzen sie innerhalb der Schleimhautpapillen, sind öfters kuglig, mit 3—5 doppeltcontourirten Nervenfasern versehen. Ausserdem sind daselbst am Uebergange in die Scheidenschleimhaut und in letzterer Endkolben (W. Krause, 1858), sowie mehr in der Tiefe Vater'sche Körperchen (Nylander und Kölliker, 1851; W. Krause, 1861) vorhanden. In der Clitoris finden sich Endkolben beim Schaf, Genitalnervenkörperchen beim Igel. Der Penis des Igels zeigt dichte Gruppen von Endkapseln (S. 522) neben Endkolben; derjenige des Maulwurfs ähnliche Gruppen von Endkolben, neben Endkapseln, Vater'schen Körperchen und Genitalnervenkörperchen; diese in geringer Anzahl. Im Penis der Maus, des Kaninchens und Eichhörnchens sind Genitalnervenkörperchen vorhanden. — Die Vögel dürften in der weiblichen Genitalschleimhaut am oberen Rande des Cloaken-Einganges mit Herbst'schen Körperchen ausgestattet sein; wenigstens ist dies beim Huhne der Fall. — Alle zuletzt hier mitgetheilten Angaben rühren von W. Krause mit Bense (1868) her.

Gelenknervenkörperchen.

In der Synovialmembran der menschlichen Fingergelenke endigen die sensiblen Nervenfasern mit eigenthümlichen Terminalkörperchen, die als *Gelenknervenkörperchen* (Fig. 298) bezeichnet werden. Eine bis vier doppeltcontourirte Nervenfasern treten, meist unter wiederholten dichotomischen Theilungen und Verknäuelungen in ein 0,15—0,23 Mm. langes, 0,09—0,15 breites, rundlich-ovales Terminalkörperchen ein, von denen die grösseren daher dem freien Auge sichtbar sein können. Das Gelenknervenkörperchen ist meist um die Hälfte länger als breit, etwas abgeplattet, in der eigentlichen Synovialis selbst gelegen; es besteht aus einer längsstreifigen Bindegewebshülle, die ovale Kerne, resp. Endothel-ähnliche platte Inoblasten enthält; in seinem Innern finden sich zahlreiche, längliche und rundlich-ellipsoidische Kerne, feingranulirte Substanz, wie die der Innenkolben in den Tastkörperchen oder Endkolben, und eine Anzahl markloser verästelter Terminalfasern. Abgesehen von den unten zu erwähnenden Vater'schen stellen diese Körperchen die einzige Endigung der sensiblen Gelenknerven dar: wie an günstigen Präparaten der Conjunctiva bulbi lässt sich jede doppeltcontourirte Nervenfaser zu einem Gelenknervenkörperchen verfolgen, und es können vier der letzteren an successiv abgegebenen Aesten einer Stammfaser sitzen.

Ganz ähnliche Gelenknervenkörperchen kommen bei Säugethieren vor: sie haben beim Kaninchen 0,06—0,2 Länge und z. B. 0,13 Breite auf 0,17 Länge; bei der Ratte 0,06—0,08 Länge auf 0,04—0,05 Breite, beim

Fig. 298.



Gelenknervenkörperchen von der Dorsalseite eines Gelenks zwischen Grund- und Mittelphalanx eines menschlichen Fingers nach 21stündigem Einlegen in 2%ige Essigsäure. Flächenschnitt, der nur die Synovialis enthält. V. 300. *n* zwei zutretende doppeltcontourirte Nervenfasern, dazwischen Kerne. Die aus den Fasern hervorgehenden blassen Terminalfasern erscheinen bei dieser Vergrösserung als feingranulirte Masse.

Hunde scheinen sie mehr rundlich zu sein, von 0,11 Durchmesser. Leicht zur Hand sind sie in der Kapselmembran, welche die hintere Fläche des medialen Condylus oss. femoris des Kaninchens deckt. Die grösseren sind an Essigsäure-Präparaten mit freiem Auge zu erkennen und mögen ca. 100 Kerne enthalten.

Ausser den Gelenknervenkörperchen finden sich kleine *Vater'sche Körperchen* an den Aussenflächen der fibrösen Kapselmembranen der menschlichen Fingergelenke. An allen grösseren Gelenken sind gewöhnliche Vater'sche Körperchen ebenfalls nachgewiesen (S. 502). Man findet sie besonders an der Beugeseite. im Fettgewebe ausserhalb der Kapsel und die kleineren Formen zwischen die ligamentösen Streifen eingelagert, aus denen die fibrösen Gelenkkapseln sich zusammensetzen. Manche der kleineren Körperchen, namentlich an den Fingergelenken, besitzen ausserhalb des Innenkolbens nur ein inneres Lamellensystem, woraus sich ihre geringere Grösse erklärt.

Die Dimensionen gibt Rauber (1865), der solche kleineren Vater'schen Körperchen an den Gelenken auffand, bis zu 0,1 Länge, 0,08 Breite an. Auch beim Kaninchen sind dergleichen am Kniegelenk vorhanden (Nicoladoni, 1873; W. Krause, 1874). — Die gewöhnlichen Formen an den grösseren Gelenken wurden von Cruveilhier (1836) entdeckt.

Die terminalen Körperchen im Allgemeinen.

Es lässt sich eine Reihe bilden von den Vater'schen Körperchen der Säuger durch die Endkapseln und die Herbst'schen Körperchen der Vögel zu den cylindrischen Endkolben der meisten Säugethiere. Von diesen wird durch die kugligen Endkolben des Menschen und Affen, woran sich als complicirtere Formen die Gelenknervenkörperchen, Genitalnervenkörperchen schliessen, der Uebergang zu den Tastkörperchen des Menschen und Affen vermittelt. Die reichste Entfaltung bieten die grösseren Tastkörperchen.

Die Analogie zwischen allen diesen terminalen Körperchen wird besonders durch den Umstand ins Licht gestellt, dass sie bei verschiedenen Thieren sich an correspondirenden Körperstellen wechselseitig vertreten können. So werden ersetzt: z. B. die Vater'schen Körperchen in der Conjunctiva und in der Zunge von Wasservögeln durch Endkolben bei den Säugern, die Endkolben in der Lippe des Menschen und Rindes durch Tastkörperchen beim Affen, die Endkolben in den Pfoten des Meerschweinchens etc. durch die Tastkörperchen beim Menschen und Affen, die Genitalnervenkörperchen durch Endkapseln beim Igel, durch Herbst'sche Körperchen beim Huhne u. s. w. Die Grundform bietet der cylindrische Endkolben der Säugethiere, und erst nach Auffindung dieser Form wurde es möglich, die ganze Reihe der Terminalkörperchen als aus einander entwickelt aufzufassen und ihre wechselnden Formen zu verstehen. Aus diesem Grunde kann die Kenntniss gerade dieses oben (S. 515) ausführlich abgehandelten Endkolbens nicht entbehrt werden. Der cylindrische oder länglich-ovale Endkolben zeigt die einfachste Form, indem eine einfache feine, axiale Terminalfaser von der weichen feingranulirten Substanz des Innenkolbens umgeben wird, dessen äusserste Hülle eine dünne Bindegewebslage mit Kernen ausmacht. Zu dieser primitiven Grundlage treten bei den über die ganze Hautdecke verbreiteten Herbst'schen Körperchen der Vögel noch besondere quer umspinnende Fasern, die, zwischen Innenkolben und äusserer Hülle gelagert, der Masse nach den grössten Theil des Körperchens ausmachen. Diese Körperchen und die Grandry'schen Körperchen, sowie die Tastkolben der Vögel, schliessen sich in Bezug auf ihren Bau, sowie ihr analoges Vorkommen in der äusseren Haut, im Schnabel, in der Zunge und Conjunctiva am nächsten

an die Endkolben der meisten Säugethiere an, wogegen ihre Aehnlichkeit mit den Vater'schen Körperchen der letzteren aus der Entwicklungsgeschichte erhellt. Bei beiden zeigt sich anfangs ein das Nervenende umhüllender Kernhaufen (W. Krause, 1860). An den Vater'schen Körperchen der Säuger erscheinen zahlreiche, concentrische Lamellen, die mechanischen Zug in hydrostatischen Druck auf das Nervenende umzusetzen vermögen (S. 507) und schon in Betracht der tiefen, geschützten Lage dieser sensiblen Endpunkte als verstärkende Zuleitungsapparate aufzufassen sind. Bei den kleinen Vater'schen Körperchen der Gelenke und noch mehr bei den Endkapseln ist ihre Anzahl reducirt. Andererseits sind die Endkolben des Menschen und Affen nur als Weiterentwicklung der einfachen, bei den übrigen Säugethieren vorkommenden Gebilde zu betrachten; sie erscheinen complicirt durch das häufige Eintreten von mehreren Nervenfasern in denselben Endkolben, durch Theilungen und mehrfache Verschlingungen der eintretenden dunkelrandigen Fasern, sowie der blassen Terminalfasern. Die Gelenknervenkörperchen können als sehr grosse Endkolben betrachtet werden; die Genitalnervenkörperchen als Gruppen von kleinen kugligen Endkolben; die Zwillings- und Drillings-Tastkörperchen ähneln einer aus 2—3 Elementen bestehenden kurzen Reihe kugliger Endkolben. Wie diese zusammengesetzten, besteht jedes einfache Tastkörperchen aus einer zarten bindegewebigen Hülle mit einzelnen längs- und quergestellten Kernen und einem Innenkolben von weicher, fein granulirter Substanz. Im Innern desselben theilen sich die eintretenden einzelnen oder mehrfachen Nervenfasern in viele büschel- oder handförmig ausstrahlende blasse Terminalfasern, die wenigstens zum grössten Theile die charakteristische, mannigfach gedeutete Querstreifung bedingen. Den Uebergang von Tastkörperchen zu cylindrischen Endkolben bilden einestheils die Tastkolben der Vögel, anderntheils, wie unten weiter ausgeführt wird, die rundlichen Endkolben des Menschen und Affen.

Was bei den Vater'schen als seltene Ausnahme erscheint: das Eintreten von mehreren Nervenfasern in dasselbe Körperchen und die schon häufigeren Theilungen der Terminalfaser im Innern des Innenkolbens, die, wie erwähnt (S. 520), zuweilen ganz nahe am Ende der doppeltcontourirten Nervenfaser vorkommen, das ist in den Endkolben und andererseits in den Tastkörperchen des Menschen häufig und die Regel.

Wenn sich so eine vollständige Analogie zwischen allen diesen peripherischen Nervenendorganen oder *Gefühlskörperchen* im weitesten Sinne herausstellt, so wird man vereinzelte Beobachtungen an Orten, deren Nerven schwierig zu untersuchen sind, nicht mehr als auffallende Curiosa betrachten dürfen, sondern vielmehr als werthvolle Bruchstücke zur Kenntniss einer allen Wirbelthieren zukommenden Reihe von microscopischen Sinnesorganen. Man muss sich erinnern, dass eine so ausserordentlich nervenreiche und empfindliche Schleimhaut, wie die Conjunctiva bulbi des Menschen, nur einen Endkolben im Durchschnitt auf 2,5 Quadratmillimeter ihrer Fläche enthält (S. 521). Keineswegs ist also jeder sichtbare oder gar jeder microscopisch unterscheidbare Punkt der freien Oberfläche mit einem Nervenende ausgestattet, und diesem Verhalten entspricht physiologisch die geringe Feinheit des Ortssinnes. Dass trotzdem jeder Punkt der Oberfläche empfindlich gegen Berührung oder Schmerz, resultirt aus dem Vorhandensein microscopischer Plexus dunkelrandiger Nervenfasern, resp. der Nerven an den Wollhaaren in der äusseren Haut. Wenn aber die nervenreiche Conjunctiva so sparsam jene kleinen Sinnes-Apparate enthält, wie häufig darf man sie dann in weniger empfindlichen, nur mit Gemeingefühl begabten Körpertheilen erwarten? In dieser absoluten und relativen Sparsamkeit liegt ein oft nicht genügend gewürdigter Hauptgrund der Schwierigkeit, die Nervenendigungen richtig zu erkennen und zugleich die Erklärung für das bei den Eingeweiden so oft sich wiederholende Eingeständniss, dass sie zur Zeit noch nicht festzustellen gewesen sind. Wahrscheinlich ist es, dass Endkolben bei allen Säugern in den Hautdecken verbreitet sind, immer verhältnissmässig tief gelagert, ganz wie die Vater'schen Körperchen der Vögel unterhalb des Papillarkörpers liegen. Es ist aber auch nicht unmöglich, dass in der Thierreihe noch andere Formen sich finden, vielleicht einen noch innigeren Uebergang der bis jetzt bekannten zu einander vermittelnd, vielleicht die Reihe über ihre äussersten Glieder hin erweiternd. Hierfür spricht, dass einige hier zu erörternde derartige Bildungen in der That schon länger bekannt sind.

Terminalkörperchen der niederen Wirbelthiere. Auch in diesen Klassen fehlen solche Körperchen nicht ganz: in der Daumenwarze des männlichen Frosches, und zwar nahe der Spitze der Papillen, mit denen sie besetzt ist, finden sich sehr kleine ellipsoidische Terminalkörperchen, *Leydig'sche Körperchen*, Tastkörperchen (Leydig, 1856), die jedes eine feine blasse Nervenfaser erhalten. Die Körperchen sind sehr klein, 0,023 lang, 0,01—0,018 breit; sie finden sich nur in einigen Papillen (1 : 10, W. Krause, 1860). Die blasse Endfaser knäuelt sich beim Eintritt in das Körperchen und innerhalb des letzteren.

Am Lippenrand von Coluber natrix kommen ganz ähnliche Terminalkörperchen vor (Leydig, 1872), die etwa fünf kernähnliche Körperchen enthalten.

Ferner sind von einigen Fischen (Stomias barbatus, Chauliodus) rundliche oder birnförmige Terminalkörperchen, Nervenkörperchen, in der äussersten gallertigen Hautschicht bekannt, die bei dem erstgenannten Thier 0,5—0,7 Länge auf 0,05—0,1 Breite oder bei mehr rundlicher Form 0,02—0,1 Durchmesser besitzen (Kölliker, 1853 und 1857).

Die kolbenförmigen Gebilde der Haut von Petromyzon fluviatilis (M. Schultze, 1861) liegen in der Epidermis und haben eine andere Bedeutung: Kölliker (bei Ammocoetes) und F. E. Schulze (1867) hielten

sie für einzellige Drüsen. Ersteres gilt auch für anderweitige besondere Organe von Fischen; dieselben stellen aus Epithelzellen zusammengesetzte nervöse Endapparate dar, wie die Schleimsäcke beim Stör und Myxine, die Seitenorgane der Teleostier (S. 190) und die Geschmacksknospen (S. 187). Den letzteren ähneln auffallender Weise die Sinnesorgane der Seitenlinie, *Seitenorgane*, bei den Amphibienlarven und den im Wasser lebenden Urodelen. Sie finden sich am Kopf und, dem Verlaufe der Rr. laterales N. vagi folgend, an den Seitenflächen des Körpers; stellen daher wahrscheinlich nicht Organe eines sog. sechsten Sinnes dar, sondern vermitteln eine Erkenntniss der chemischen und physicalischen Eigenschaften des Wassers, in welchem die Thiere schwimmen; vielleicht auch dessen Widerstandes bei Wendungen des Körpers: Wellensinnorgane (F. E. Schulze). Beim Proteus anguinus sind sie zahlreich vorhanden (Bugnion, 1873), auch von Malbranc (1875) bestätigt, und in der That sehr ausgebildet (W. Krause); ebenso verhalten sie sich beim Axolotl (Bugnion; W. Krause). Dagegen hat Reichert (1870) bei Amphioxus lanceolatus kolben- oder spindelförmige Terminalkörperchen in der Haut beschrieben, die bereits von Quatrefages (1845) mit Vater'schen Körperchen verglichen und von J. Müller (1851) bestätigt worden waren. Stieda (1872) erklärte sie für kleinste, nicht terminale Ganglienzellengruppen.

Die Uebergänge, welche die beschriebenen Terminalkörperchen der Säugethiere unter einander verbinden, erschweren es andererseits, scharfe Grenzlinien zwischen den nächstverwandten Formen zu ziehen. Freilich wird die Trennungslinie von keiner grossen Bedeutung erscheinen. Wenn nur festgestellt ist, dass alle Nervenfasern einer bestimmten Körperstelle oder doch gewisse, das Gemeingefühl daselbst vermittelnde Klassen von ihnen mit terminalen Körperchen endigen, so scheint es sehr unwichtig zu sein, welcher Art der letzteren man die an jener Körperstelle gefundenen Körperchen zurechnen will. Davon abgesehen, lassen sich zwischen Endkolben und Tastkörperchen die gleich zu erörternden Differenzen ausfindig machen.

Während im Vorhergehenden die Analogie zwischen Vater'schen und Tastkörperchen mehrfach hervorgehoben wurde, so ist doch gewiss, dass der Zusammenhang dieser beiden entferntesten Endglieder der Reihe der terminalen Körperchen mit Bestimmtheit erst aus der Auffindung von noch mehreren Zwischenstufen erhellen konnte. Der Uebergang wird gebildet durch die Endkolben des Menschen, indem diese einerseits als blasse rundlich-ovale Körperchen, in denen nur eine Nervenfaser endigt, sich ganz den länglichen Endkolben und durch diese den Vater'schen Körperchen der Säugethiere nähern und andererseits die Theilungen und vielfachen Knäuelungen der doppeltcontourirten Nervenfasern, sowie der blassen Terminalfasern eine Annäherung an die in den Tastkörperchen geschehende Vervielfachung und Zusammendrängung vieler Nervenenden in einen kleinen Raum darstellen. Es schliessen sich sonach die einfachsten Endkolben des Menschen, in denen eine einzelne Nervenfaser als blasse Terminalfaser endigt, mag diese nun gestreckt in der Axe, wie bei den Säugethieren, oder geschlängelt und gebogen verlaufen, unmittelbar an die cylindrischen Endkolben der Säugethiere; dagegen die complicirteren mit mehreren Nervenfasern an die einfachsten Tastkörperchen, wie sie in der Ferse vorkommen, an. Am besten ist der Uebergang in der Lippe des Affen zu sehen, wo neben evident quergestreiften Tastkörperchen ganz blasse mit mehr in der Längsaxe verlaufenden marklosen Terminalfasern vorkommen. Die Differenz ist also graduell und liegt in der Vervielfältigung der aus einer einzigen dunkelrandigen Nervenfaser hervorgehenden Aeste, die ihren optischen Ausdruck in den Querstreifen findet. Vielleicht könnte man noch geneigt sein, andere Differenzen aufzusuchen, wonach möglicherweise die Grenze anders zu ziehen, und z. B. die Tastkörperchen der Ferse als Endkolben oder die Endkolben der Lippe des Menschen als Tastkörperchen zu bezeichnen wären. Der wesentliche Unterschied von dem Verhalten in der Vola manus des Menschen und Affen liegt aber darin, dass, während bei letzterer häufig Nervenpapillen ohne Gefässe vorkommen, in der Lippe so ziemlich jede Papille eine Gefässschlinge enthält, und während die Tastkörperchen stets in der Spitze ihrer Papillen gelegen sind und kein Nervenende unter der Basis der Papille nachzuweisen ist, endigen in der Lippe viele Fasern mit unterhalb oder in der Basis der Papillen befindlichen Endkolben. Anderweitig ergibt sich, dass die Tastkörperchen stets in Papillen sitzen, und zwar ganz nahe der Spitze derselben, durch einen äusserst schmalen Saum von den untersten Epidermiszellen getrennt: niemals findet man einfache Tastkörperchen in der Mitte und der Basis der Papillen oder im Gewebe der Schleimhaut selbst, was auch eine Bezeichnung derselben als *Papillenkörperchen* ausdrücken würde. Die Endkolben dagegen liegen meist frei im Gewebe; an papillentragenden Schleimhäuten und in der äusseren Haut bei Säugethieren gehen sie nicht immer in die Structur der Papille selbst ein, werden vielmehr am häufigsten zwischen zwei Papillen, oder unter der Basis, oft in der halben Höhe derselben angetroffen. Aber eine Ausnahme bilden die Lippe des Menschen und die blassen Terminalkörperchen in der Innenfläche der Lippe des Affen, ausserdem mögen manche weit nach der Spitze der Papille hinaufreichende Nervenfasern in oberflächlich liegenden Endkolben endigen, die ausser in der Volarfläche des Eichhörnchens noch nicht sichtbar zu machen gewesen sind.

Eine andere Differenz ist die, dass an manche Tastkörperchen eine grössere Anzahl von dunkelrandigen Nervenfasern tritt, während an den Endkolben des Menschen und Affen höchstens zwei dergleichen, die auch immer nur aus einer dem Endkolben ganz nahe gelegenen Theilung hervorgingen, nachzuweisen waren. Aber da es auch Tastkörperchen mit nur einer Nervenfaser gibt, so ist dieser Unterschied ebenfalls nicht als durchgrei-

fend anzusehen, um so weniger, da die 2—4 Nervenfasern der letzteren auch sehr wohl Aeste einer einzigen Stammfaser sein können, die aus Theilungen innerhalb der tieferen Plexus hervorgegangen sind, und da ausserdem sogar, z. B. in Zwillingspapillen, eine Nervenfaser unter oder innerhalb der Papille sich in seltenen Fällen theilen kann, um zwei nahegelegene Tastkörperchen zu versorgen. Dazu kommt, dass der Regel nach die einfachen Tastkörperchen nur eine Nervenfaser erhalten und in den zusammengesetzten Körperchen ebenfalls jede Abtheilung von einer einzigen Faser versorgt wird. Die Tastkörperchen so gut wie die Endkolben haben einen fein granulirten Innenkolben als Inhalt und eine bindegewebige, mit Kernen versehene äussere Hülle, es bleibt also als einzige Differenz das charakteristische quergestreifte Ansehen, der Ausdruck für eine vielfache Vermehrung der blassen Terminalfasern.

Dass die Terminalfasern wirklich Nervenfasern sind, folgt aus ihrem optischen Verhalten an ohne Zusatz untersuchten frischen Hautschnitten, aus dem Glanz, den sie nach Zusatz verdünnter Natronlösung darbieten, aus ihrer nachweislichen Continuität mit den in das Körperchen eintretenden doppeltcontourirten Nervenfasern. Sie färben sich nicht mit Carmin oder Hämatoxylin, wohl aber mit Osmiumsäure oder Goldchlorid, und unterscheiden sich schon dadurch von Kernen. Endlich entarten sie fettig nach Nervenverletzungen (Meissner, 1853) oder nach Nervendurchschneidungen (W. Krause, 1860) und theilen letztere Eigenschaft mit den Vater'schen Körperchen des Affen (W. Krause, 1860), des Kaninchens (W. Krause, 1865), den Herbst'schen Körperchen der Taube (W. Krause, 1860), sowie den Terminalfasern in den motorischen Endplatten (S. 499). Es kann mithin nicht bezweifelt werden, dass die Terminalfasern, resp. ihre Endknöpfchen und *nicht* die bindegewebigen Innenkolben das wahre Nervenende in allen terminalen Körperchen darstellen.

Dem queren Verlauf der Terminalfasern, der vielfach Anlass zu Verwechslungen der letzteren mit Kernen in der Bindegewebshülle gegeben hat, schrieb Meissner (1859) eine besondere experimentell zu begründende physiologische Bedeutung zu. Leydig (1854) hatte den Innenkolben der Herbst'schen Körperchen für nervös angesehen und mehrere Nachfolger gefunden. Abgesehen von der erwähnten fettigen Degeneration der Terminalfasern, wobei die nicht nervösen Innenkolben fortwährend unverändert bleiben, kann diese Aufstellung schon durch gewisse Varietäten widerlegt werden. Es kommen nämlich sowohl Vater'sche Körperchen (S. 506) als cylindrische Endkolben (S. 517) vor, in deren Innenkolben sich die doppelten Contouren der axial verlaufenden Nervenfaser noch eine Strecke weit fortsetzen. Ausserdem sind in den Innenkolben der Vater'schen Körperchen der Säugethiere hier und da längsgestellte Kerne enthalten, die denjenigen der Lamellen vollkommen gleichen.

In den letztgenannten Körperchen hat man die Endknöpfchen der Terminalfasern, die manchmal abgeplattet sind, hier und da als terminale Ganglienzellen aufgefasst (Jacubowitsch, 1860; Ciaccio, 1864), und dies auch für die Herbst'schen Körperchen (Ciaccio, 1868; Ihlder), sowie die Tastkolben der Vogelzunge (Ihlder, 1870), versucht (S. 509). Indessen ist wenigstens durch die gebräuchlichen Hülfsmittel nirgends ein Kern innerhalb der Endknöpfchen nachzuweisen.

Die verschiedensten Untersuchungen führen zu dem Resultat, dass die einfach-sensiblen Nerven (mit Ausnahme der Cornea) sämmtlich innerhalb des Innenkolbens terminaler Körperchen mit Endknöpfchen aufhören. Wie immer die Complication der kleinen peripherischen Sinnesapparate beschaffen sein mag — mögen noch so viele Hüllen, wie in den grossen Vater'schen Körperchen der Säuger, noch so eigenthümlich gebaute, wie an den Herbst'schen Körperchen der Vögel, noch so wenige, wie bei den Tastkörperchen und Endkolben, oder endlich noch verwickeltere Structurverhältnisse vorhanden sein — die letzte Endigung ist dieselbe, und so einfach ist das Resultat, dass in dessen Einfachheit die beste Bürgschaft für die Wahrheit desselben liegen mag. Offenbar aber ist es an verschiedenen Orten eine verschieden grosse Anzahl von Terminalfasern, die aus einer einzigen, in das Rückenmark oder Gehirn eintretenden Nervenfaser hervorgeht; am beträchtlichsten ist dieselbe in den zusammengesetzten Tastkörperchen, am geringsten vielleicht in den Vater'schen Körperchen der Säuger. Jenseits des knopfförmig angeschwollenen Endes ist keine Fortsetzung der Nervenfaser denkbar, da die anatomische Anordnung in den terminalen Körperchen einen weiteren Verlauf über den Innenkolben hinaus ausschliesst, innerhalb desselben aber die zierlichen Endknöpfchen direct wahrnehmbar sind.

Mit dieser Sicherheit hat das Studium der Endausbreitung der einfach sensiblen Nerven einen Vorsprung erlangt vor der Kenntniss mancher anderen Nervenenden, weil, ganz abgesehen von den obschwebenden Streitfragen, doch nirgends die innere Wahrscheinlichkeit, dass die Nerven nicht anders, als auf die augenblicklich bekannte Art endigen möchten, so gross ist. Alle die unendlich zahlreichen und mühevollen Untersuchungen haben bei den einfach sensiblen Nerven nur eine Endigungsform zu bestätigen vermocht, die seit ihrem Bekanntwerden (1844) aus den Vater'schen Körperchen unzweifelhaft und jeden Augenblick demonstrirbar (a natural dissection) vorgelegen hatte. Man kann nichts Einfacheres sich denken: die Nervenfaser wird blass und endigt mit einem kleinen Knöpfchen.

Historisches über die terminalen Körperchen. Die Vater'schen Körperchen wurden von Vater (Lehmann, De consens. part. corp. human. diss. Wittemb. 1741) entdeckt, von Pacini (1836) mit Hülfe des Microscops aufgefunden; Henle und Kölliker (1844) wiesen die Terminalfaser darin und ihr knopfförmiges Ende nach (S. 3). Bei den Vögeln beschrieb Herbst (Gött. gel. Anz. 1848) die nach ihm benannten Körperchen. — Die Tastkörperchen entdeckte Meissner (R. Wagner, Götting. Nachr., Febr. 1852); Kölliker (1852) bewies das Vorhandensein von Bindegewebskernen an denselben, Meissner (1853) die nervöse Natur ihrer Terminalfasern, W. Krause (1858) letztere Natur auf experimentellem Wege, sowie die Zusammensetzung der Tastkörperchen aus einer bindegewebigen,

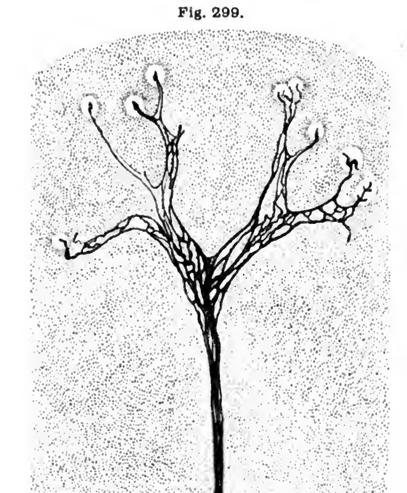
kernhaltigen Hülle, und einem besonders benannten (1860) Innenkolben. Zugleich fand W. Krause (1858) die Endkolben auf, unterschied ferner als besondere Formen die Endkapseln (beim Igel, 1864, und Elephanten, 1874), Tastkolben (Zunge der Vögel, mit Ihlder, 1870), Genitalnervenkörperchen (Mensch, 1866; Säugethiere, mit Finger, 1866, und Bense, 1868), und endlich die Gelenknervenkörperchen (Mensch, Hund, Kaninchen, Ratte, 1874). Die Reihe vorkommender Formen dürfte damit nicht erschöpft sein: hierauf weisen die sog. Tastkörperchen des Frosches (Leydig, 1856) und die eigenthümlichen Terminalkörperchen in der Haut von Fischen (Stomias barbatus und Chauliodus, Kölliker, 1853, 1857) hin. Vater'sche und Herbst'sche Körperchen, Tastkörperchen und Endkolben wurden von W. Krause (1858) als terminale Körperchen zusammengefasst, ferner ihre Innenkolben, Terminalfaser (nebst Endknöpfchen) als solche bezeichnet und die Homologieen dieser in allen Terminalkörperchen wiederkehrenden Hauptbestandtheile dargelegt.

Was die Einzelheiten anlangt, so wurden die Tastkörperchen auf dem Hand- und Fussrücken von Meissner (1853), im Nagelbett von W. Krause (1860), in der Brustwarze von Kölliker (1855) und W. Krause (1861) constatirt; von Letzterem auch in der äusseren Haut am Vorderarm (1860) und Unterschenkel (1858), am Tarsalrande (1866). An den Lippen und der Clitoris sah sie Kölliker (1852). An den Händen und Füssen des Affen fand sie Meissner (1853) auf, in der Lippe desselben W. Krause (bei Cercopithecus sabaeus und Macacus cynomolgus, 1860) und gleichfalls mit Vater'schen Körperchen an der mit Riffen besetzten haarlosen Stelle des Greifschwanzes von Ateles pentadactylus (1866), wo sie durch Jobert (1872) bestätigt wurden. Die Endkolben wurden an den (S. 515 u. 518) erwähnten Körperstellen von W. Krause aufgefunden, und zwar (1858) beim Menschen, Kalbe, Rinde, Schaf, Schwein, Meerschweinchen und der Maus; ferner (1860) beim Affen, Igel, Maulwurf, der Katze, Ratte, dem Eichhörnchen, Kaninchen und Pferde; ebenfalls in der Palpebra tertia (S. 140) des Rindes und Schweines (1861), in der Zunge des Schweines (1864), in der Vagina des Kaninchens (mit Polle, 1865); endlich (1874) beobachtet in der äusseren Haut der Spitzmaus, am Seitenrande der Zunge sowie in der Conjunctiva des Elephanten, am harten Gaumen des Kaninchens und am äusseren Ohr der Maus. Von Lüdden (1863) wurden sie in der äusseren Haut des Kaninchens, Wiesels und der Ratte gefunden.

Nerven der Cornea.

Sie stammen von den Ciliarnerven, gelangen am vorderen Rande des M. ciliaris aus dem Circulus gangliosus ciliaris in die Sclera und bilden einen den Cornealrand umgebenden Plexus. Aus diesem treten einzelne, in tangentialer Richtung nach vorn verlaufende Stämmchen in die Conjunctiva und nach kurzem (bei kleinen Säugethieren längerem) Verlaufe in die Cornea. Die meisten strahlen direct in letztere ein. Die Conjunctivalzweige erstrecken sich ganz oberflächlich, dicht an das Epithel grenzend: die durch die Substanz der Cornea verlaufenden liegen, wenn sie stärker sind, nahe dem Cornealrande, ein wenig hinter der Mitte der Dicke der Hornhaut. Die feineren bilden unter Theilungen und Faseraustausch ein weiter vorn, also oberflächlicher gelegenes Netz. Von allen Seiten des Randes her verlaufen sie in radiärer Richtung und zugleich nach vorn noch in der eigentlichen Substanz der Cornea. Man findet etwa 40—60 dickere und feinere abgeplattete Stämmchen, deren Ebenen der Hornhautfläche entsprechen. Die Nervenstämmchen bestehen aus feinen doppeltcontourirten, von Neurilem bekleideten Fasern. Letztere verlieren ihr Mark in einer Entfernung von 0,1 bis

Fig. 299.

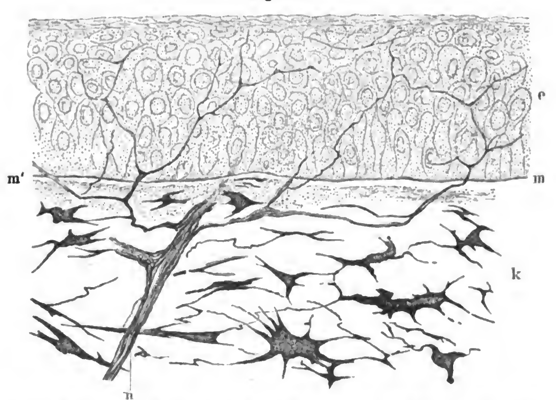


Nervenstämmchen der Cornea des Menschen mit Goldchlorid geschwärzt. Flächenansicht, handförmige Theilung unmittelbar an den Durchtrittsstellen durch die Membrana anterior elastica, die als knopfförmige Endanschwellungen erscheinen. Das Epithel ist durch die Behandlung mit 1 %iger Essigsäure entfernt. V. 800/100.

0,5 Mm. innerhalb des Cornealrandes, behalten aber ihr Neurilem, so lange sie in der Hornhautsubstanz selbst verlaufen.

Indem die feiner gewordenen *Nervenstämmchen* sich verästeln und unter einander anastomosiren, liegen sie im Centrum und grössten Theile der Cornea, mit Ausnahme von deren Rande, meist dicht hinter der Membrana anterior elastica. Andere dringen aus der Tiefe der Hornhaut allmälig gegen die Vorderfläche. In beiden Fällen lösen sich die Stämmchen unter fortwährender Theilung und Abgabe anastomosirender Aestchen in einen die Vorderfläche der Hornhaut dicht bedeckenden Plexus auf, dessen Maschen polygonal sind. An den Knotenpunkten lassen sich in den feinsten Zweigen die einzeln verlaufenden *Endfasern* isolirt erkennen; letztere besitzen Neurilem, und wo sich einzelne derselben durch Aneinanderlagerung zum *subbasalen Nervenplexus,* Stromaplexus, verbinden, werden häufig Neurilemkerne an den Ana-

Fig. 300.



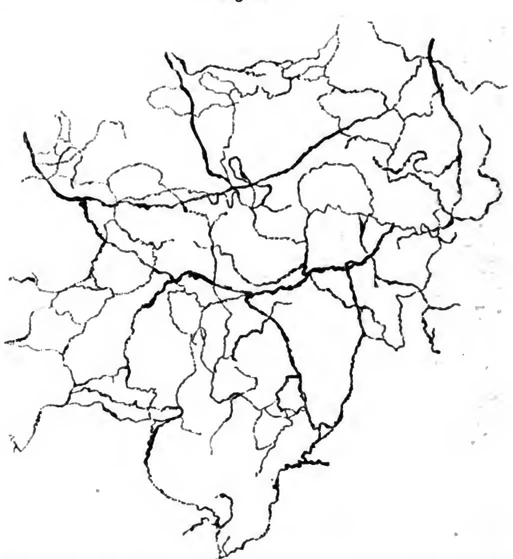
Senkrechter Durchschnitt des vordersten Theiles der Cornea; Goldchlorid, Weinsäure, Alkohol, Nelkenöl, Canadabalsam. V. 800. *e* Vorderes Epithel, die Nerven schwarz gefärbt. *m—m'* Membrana anterior elastica. *k* anastomosirende Hornhautkörperchen, schwarz gefärbt. *n* Nervenstämmchen.

stomosirungspunkten gefunden. Diese Kerne sind mitunter von etwas feinkörniger Substanz umgeben. Beim Menschen bilden die aus dem Endplexus austretenden Nervenstämmchen oder scheinbar einfachen Nervenfasern häufig handförmige Ausbreitungen (Fig. 299). In Wahrheit sind die Fasern aus mehreren varicösen, mit Goldchlorid sich schwärzenden Nervenfibrillen zusammengesetzt. Die Ausstrahlungen der handförmigen Ausbreitungen und ebenso einzeln verlaufende Nervenfasern zeigen in der Flächenansicht in der Regel kleine kolbige Anschwellungen, die leicht für Endknöpfchen gehalten werden können (S. 539). In der That sind dies die Stellen, wo die Nervenfasern ihr Neurilem verlieren, indem sie die Membrana anterior elastica durchbohren, wie sich in der Profilansicht auf senkrechten Querschnitten (Fig. 300) ergibt. Die Perforationsstellen werden Nervenporen genannt. Durch sie treten die bisherigen Endfasern als marklose Nervenfibrillen einzeln oder

zu kleinsten Bündeln vereinigt in das Epithel der Hornhaut und bilden zunächst einen *subepithelialen Nervenplexus* (Fig. 301). Derselbe ist noch engmaschiger, durchzieht die der Membrana anterior elastica unmittelbar ansitzende Lage cylindrischer Epithelialzellen und wird nur durch deren Fussplatten (S. 24) von der letztgenannten Membran getrennt. Vom subepithelialen Plexus steigen die Fibrillen einzeln und in ziemlich regelmässigen Abständen senkrecht gegen die freie Epithel-Oberfläche auf. Sie theilen sich noch hier und da dichotomisch; ihre Aeste verlaufen tangential und legen sich stellen-



Fig. 301.



Subepithelialer Nervenplexus der Cornea durch Goldchlorid geschwärzt. Flächenansicht. Einige Fasern endigen frei mit kleinen Anschwellungen. V. 1000/400.

weise eine kurze Strecke weit an einander. Hierdurch entstehen die sehr zarten sog. *intra-epithelialen Nervenplexus*. Im frischen Zustande oder nach Behandlung mit verdünnten Säuren erscheinen die Endfibrillen von parallelen Contouren begrenzt und die stärkeren Fasern zart längsstreifig. Mit Goldchlorid geschwärzt zeigen sich letztere aber körnig (Fig. 301) und die feinsten wie unterbrochen oder aus schwarzen Pünktchen zusammengesetzt. Schliesslich hören die letzten Fibrillen mit kleinsten Endknöpfchen auf, welche in der äussersten Epithelzellenschicht gelegen sind, aber diese nicht überragen.

Ueber die Blutgefässe der Hornhautnerven s. S. 147; ebenso wurde von den Lymphgefässen der Hornhaut bereits (S. 145) bemerkt, dass sie die Nervenstämmchen

am Cornealrande (mit Endothelscheiden, Ranvier, 1872; L. v. Thanhoffer, 1873; Durante, 1873; Thin, 1874) umgeben, und sich längs derselben nach der Conjunctiva hin fortsetzen. Auch die feineren Aeste und isolirten Endfasern sind ausserhalb ihres Neurilems von hohlcylindrischen Lymphspalten umgeben. Dasselbe gilt (S. 145) für die Nervenfibrillen innerhalb des Epithels.

Die Hornhautnerven wurden von Schlemm (1830) entdeckt, ihr subbasaler Plexus durch Kölliker (1849) und His (1856), und von Beiden für terminal gehalten. Die scheinbaren kolbigen Endigungen an der Membrana anterior elastica sah W. Krause (1860) zweimal; Hoyer (1866) entdeckte den Durchtritt der Nervenfasern in das Epithel; Cohnheim (1866) die subepithelialen Plexus, Endfibrillen (S. 364) und Endknöpfchen mittelst seiner Vergoldungsmethode. — Die Neurilemkerne an den Knotenpunkten des Endplexus sind öfters für Ganglienzellen gehalten worden (His, 1856; Coccius, 1859; Saemisch, 1862; Ciaccio, 1863; Lightbody, 1866; Lavdovsky, 1870; L. v. Thanhoffer, 1875). Cohnheim glaubte, dass Endknöpfchen frei in die Thränenflüssigkeit hineinragen, welche die oberflächlichste Epithelzellenlage stets überzieht. Dieser Anschein kann leicht durch zufällige Ablösung einzelner der letztgenannten Zellen entstehen. (Ueber die Endigung der Hornhautnerven in Epithelialzellen s. auch S. 540; nach dem dort Gesagten könnte man die letzteren für perennirend halten, s. S. 20).

Beim Kaninchen und anderen kleinen Säugern, sowie beim Frosch, ist eine sparsamere Nerven-Verzweigung bekannt, welche gegen das Endothel der Membrana Descemetii hin abbiegt. Ihre Endigungen sind nicht festgestellt: sie geschehen beim Frosch nach Kühne (1863) in Hornhautkörperchen (S. 541), nach Engelmann (1867) theils frei im Gewebe der Cornea, theils in Hornhautkörperchen; nach Lipmann (1869) in Endothelialzellen der Membrana Descemetii; nach Klein (1871) zwischen den letzteren; nach Kölliker (1867) bilden sie einen terminalen Plexus; nach Hoyer (1873) endigen einzelne Fibrillen anscheinend frei.

Man könnte gegen obige Darstellung des Nervenverlaufs einwenden, dass die Lymphgefässe der Hornhaut, und namentlich ihre im Epithel doch wahrscheinlich auch die beschriebenen Nervenfibrillen begleitenden Anfänge Fettkörnchen in Reihen enthalten können, die aus der Flüssigkeit des Conjunctivalsackes stammen. In letzteren wird aber bei Thieren das fettige Secret der dem Menschen fehlenden, im medialen Augenwinkel gelegenen Harder'schen Drüse (S. 140) ergossen. Da nun nicht nur Nervenfasern, sondern auch Fett durch Goldchlorid sich schwarz färben, so könnte bezweifelt werden, ob vermöge der Vergoldung irgend etwas über die wirkliche Nervenendigung ausgesagt werden könne. Denn die Fett-gefüllten Lymphbahnen, welche die Nervenfasern umgeben, werden sich offenbar weiter fortsetzen können, nachdem die letzteren selbst geendigt haben. Hiermit würde einmal die körnige Beschaffenheit, sowie die manchmal Reihen discreter Fetttröpfchen entsprechende Anordnung erklärt sein, welche die im Epithel verlaufenden Nervenfibrillen zeigen. Ferner die Beobachtung von Saemisch (1862), der bei Nagern mitunter einzelne Nervenfibrillen von einer verhältnissmässig dicken, körnigen, cylinderförmigen Masse umgeben sah, die Waldeyer (1874) als Nervenmark gedeutet hat, während sie in Wahrheit resorbirtes Fett gewesen sein dürfte. Endlich der Umstand, dass beim Menschen, der, wie gesagt, keine Harder'sche Drüse besitzt, obgleich ihr Homologon in rudimentärer Form als Talgdrüsen der Caruncula lacrymalis vorhanden ist, die Cornea-Nerven auch an ganz frischen Augen so sehr viel schwieriger und sparsamer sich vergolden lassen. Es wären mithin die Nervenfasern in den subepithelialen Plexus verfolgt, da Hoyer (1866) und Engelmann (1867) auch ohne Vergoldung ihren Durchtritt in das Epithel constatirt haben. Das wahre Nervenende aber bliebe zweifelhaft. Jedenfalls sind die dichtgedrängten, jede einzelne Epithelialzelle der alleroberflächlichsten Schicht umspinnenden und selbst auf deren freier Oberfläche gelegenen Endplexus, wie sie Klein (1871) und, wie es scheint, auch Waldeyer (1874) schilderten, für derartige Kunstproducte zu halten. Andererseits steht aber durch Engelmann (1867) fest, dass beim Frosch am frischen Auge (ohne Zusatz) in senkrechter Richtung gegen die Oberfläche aufsteigende Nervenfibrillen innerhalb des Epithels zu verfolgen sind. Und es ist nicht wahrscheinlich, dass diese von Engelmann gesehenen senkrechten Fasern in Wahrheit Lymphspalten darstellen, die mit den Nerven-Eintrittsstellen in das Epithel zusammenhängen. Wenigstens lassen sie sich durch die heutigen optischen Hülfsmittel nicht von marklosen Axencylindern unterscheiden (W. Krause). Endlich muss eine netzförmige Verbindung der einzelnen Nervenfibrillen selbst unter einander geleugnet werden. Sie können sich theilen und überkreuzen, bilden aber stets Geflechte und niemals Nervennetze (S. 539).

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Anordnung beim Menschen und derjenigen von Thieren besteht darin, dass bei diesen kleinste Stämmchen blasser Endfasern oder einzelne von letzteren innerhalb der Conjunctiva einen längeren Verlauf nehmen und dann direct in die subbasalen Plexus gelangen. Beim Menschen (S. 528) ist der Verlauf solcher Stämmchen viel kürzer. Indem die Stämmchen mit einander anastomosiren, entsteht bei Thieren (Kaninchen, Hund, Frosch etc.) ein blasser Nervenplexus in der Conjunctiva am Cornealrande, der von vielen Beobachtern für einen der Conjunctiva selbst angehörigen Endplexus gehalten worden ist.

Bei Vögeln, Amphibien und Fischen (Hoyer, 1873) sind die Verhältnisse, namentlich was den Verlauf innerhalb des Cornea-Epithels anlangt, im Wesentlichen dieselben.

Nerven-Endigungen im sympathischen System.

So ausgedehnt dieses Gebiet in den Eingeweiden (S. letztere) und im ganzen Körper ist, so sind doch nur wenige Abschnitte desselben genauer erforscht. Sie werden hier zusammengestellt, obgleich die wirkliche Endigung fast nirgends feststeht (S. auch zweifelhafte Nerven-Endigungen).

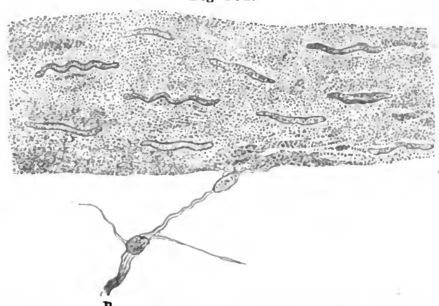
Nerven der glatten Muskeln.

Die Ganglien-führenden Plexus der Darmmuscularis und Submucosa wurden (S. 482) geschildert. Die Verbreitungsweise der aus solchen Plexus, *Grundplexus,* hervorgehenden feineren Nervenstämmchen ist überall, wo glatte Muskeln, zu Häuten oder Schichten vereinigt, vorkommen, im Wesentlichen dieselbe. Die Stämmchen bestehen aus blassen, kernführenden Nervenfasern, werden von dünnem kernhaltigen Perineurium umgeben und sind meistens

34*

abgeplattet. Sie verzweigen sich und bilden *Endplexus*, intermediäre Plexus, aus denen einzeln verlaufende der erwähnten Nervenfasern austreten. Entweder legen die letzteren fein zugespitzt sich an primäre Muskelfaserbündel an, oder sie theilen sich vorher, und an der Theilungsstelle kann ein Neurilemkern gelegen sein (Fig. 302). Die Anzahl der Endigungen, resp. die Stellen, wo die Nervenfasern mit den gegenwärtigen Methoden nicht weiter zu verfolgen sind, ist stets viel geringer, als die Anzahl der glatten Muskelfasern.

Fig. 302.



Bündel von glatten Muskelfasern aus der äusseren Schicht der Harnblase vom Kaninchen, nahe der Eintrittsstelle des Ureters, nach 24stündiger Maceration in 1%iger Essigsäure. V. 800/170. *n* blasse Nervenfasern mit Neurilemskernen, von denen eine am Rande des Muskelbündels sich verliert.

Kölliker (1862) hielt die freien spitzen Enden blasser Nervenfasern im Pharynx und der Harnblase beim Frosch für weit sparsamer, als die Zahl der glatten Muskelfasern. W. Krause (1868) fand die auf eine Nervenendigung fallende Anzahl der letzteren im M. rectococcygeus des Kaninchens sehr gross und schätzte (1870) die von einer Nervenstammfaser abhängigen auf Hunderte; Engelmann (1869) am Ureter desselben Thieres die durch ein einziges Nervenende versorgten auf 25—50 und mehr; ausserdem waren in der Harnblase des Frosches an vielen Stellen auf weit mehr als hundert Muskelfasern keine Nerven aufzufinden. — Der erstgenannte Muskel ist dadurch ausgezeichnet, dass derselbe ein aus doppeltcontourirten Nervenfasern bestehendes Stämmchen erhält, die innerhalb des Muskels in blasse Fasern übergehen (S. 480). Es ergibt sich das wichtige Resultat, dass die quergestreiften Muskelfasern jede eine motorische Endplatte besitzen, während bei den glatten die Anzahl der Nervenendigungen weit geringer ist (S. a. S. 303).

Nerven der Blutgefässe.

An den grösseren Arterien der Extremitäten wie an denen der Eingeweide, des Gehirns etc. sind *Gefässnerven* schon mittelst des Messers nachweisbar. Die Aa. subclavia, axillaris, brachialis etc. werden auf ihrem ganzen Verlauf von sehr feinen Nervenstämmchen begleitet, welche sie in Form eines weitmaschigen Plexus mit längsgestellten Maschen umspinnen. An den Arterien der vorhin genannten Organe führen diese Plexus Ganglienzellen und sind der betreffenden Arterie gleichnamig (Bd. II). Die Quelle der Gefässnerven ist in sympathischen Ganglien zu suchen: die der A. subclavia z. B. stammen aus dem Ganglion cervicale inferius. Die Aestchen verlaufen in der Adventitia der Arterie und gelangen auf verschiedene Art an dieselbe: zum Theil stammen sie aus benachbarten Stämmen von Rückenmarksnerven. Längere Arterien, die in ihrem Verlauf successive mit mehreren Nerven in Nachbarschaft treten, erhalten meist Aestchen von den letzteren. So findet man z. B. an der A. axillaris feine Zweige vom N. musculocutaneus und von der Ansa, welche die Nn. cervicalis VIII und dorsalis I mit einander bilden. Diese Schlinge gibt einen stärkeren Zweig zum Bündel der übrigen den Plexus cervicalis zusammensetzenden Rückenmarksnerven, welcher Zweig in den N. medianus übergeht. Von demselben trennt sich ein dünnes Nervenstämmchen ab, welches längs der A. brachialis zu verfolgen ist. Das beschriebene

Verhalten scheint nicht ganz constant zu sein. Auch die Aeste der A. subclavia sind von feinen Nervenzweigen begleitet.

Auf die A. brachialis setzt sich der Plexus axillaris fort; nicht minder erhält sie in ihrem unteren Theile Zweige vom N. medianus und auch von den Nn. ulnaris und radialis. Das untere Ende der A. radialis begleiten Nerven aus dem N. radialis superficialis. Am Arcus volaris sublimis reichen die Aestchen der Nn. ulnaris und medianus so weit, wie es der Grenze ihrer Innervationsgebiete überhaupt entspricht; dagegen bezieht der Arcus volaris profundus nur aus dem N. ulnaris profundus seine Nerven.

Die Vv. brachialis und ulnaris werden von den Nn. medianus resp. ulnaris versorgt.

Die Hautvenen bekommen meist nur microscopische Zweige von den zwischen Vene und Cutis im Unterhautbindegewebe verlaufenden Hautnervenplexus: die V. cephalica begleiten aus dem die hintere Seite der Haut des Oberarmes versorgenden Zweige des N. radialis abstammende Aestchen von der Höhe der Insertion des M. deltoideus nach aufwärts. — (Die in diesem letzten Abschnitt enthaltenen Angaben rühren von H. Frey, 1875, her.)

Analog wie an der oberen Extremität verhält sich die Zusammensetzung der Gefässnerven an anderen Körpertheilen, namentlich an den unteren Extremitäten. — Im Allgemeinen gelangen die Gefässnerven unter spitzen Winkeln zu den betreffenden Blutgefässen; zuweilen kommen auch rückläufige, ebenfalls unter spitzen Winkeln herantretende Aestchen vor, wie in dem erwähnten Beispiel von der V. cephalica.

Die Stämmchen der Gefässnerven führen neben vielen blassen von kernhaltigem Neurilem umgebenen einzelne doppeltcontourirte Nervenfasern. Wie beide Faserarten endigen, ist nicht ausgemacht. Man weiss, dass einige doppeltcontourirte an der Abgangsstelle der A. profunda femoris von der A. cruralis mit 2—3 Vater'schen Körperchen aufhören (S. 502). Die blassen Nervenfasern treten schliesslich einzeln an die Media kleinster Arterien, was wenigstens für diejenigen der quergestreiften Muskelfasern feststeht (S. 500).

W. Krause (1863) bildete eine solche blasse Nervenfaser aus einem geraden Augenmuskel des Menschen ab. Einige Arterien scheinen der Nerven ganz zu entbehren, wie diejenigen der Chorioidea und Retina (nicht aber die A. centralis retinae selbst, S. 170); ausserdem gelingt es keineswegs an jeder Arterie, ihre Nerven mit Leichtigkeit aufzufinden. Nach Kölliker (1862) können doppeltcontourirte Nervenfasern in blasse sich fortsetzen. — Beim Frosch sind blasse Plexus in der Adventitia der grösseren Arterien ebenfalls vorhanden, die nach Beale (1861) hier und da in der Arterienwand Ganglienzellen enthalten. — Nach Cyon (1868) kommen die Gefässnerven der Vorderpfote des Hundes ebenfalls vom Gangl. cervicale inferius; sie stammen aus dem Rückenmark unterhalb des N. dorsalis III und gelangen im Grenzstrang zu dem genannten Ganglion (G. stellatum).

Auch die grösseren Venen besitzen ähnliche aber sparsamere Gefässnerven. Dargestellt sind sie an den Vv. cavae, jugulares communes, den Sinus der Dura mater, den Vv. hepaticae, iliacae und crurales. Ihre Endigung ist nicht bekannt.

An der V. cava inferior des Frosches (Lehmann, 1861), namentlich im unteren Theile derselben, sind Ganglienzellen in die Gefässnervenplexus eingelagert. Ebensolche Zellen fand Hénocque (1871) bei der Eidechse an den Abgangsstellen der Aa. intercostales und lumbales (Plexus aorticus, W. Krause) und an den Vv. mesentericae, sowie beim Frosch an den Vv. cava und portarum.

Ueber die Nerven der Capillargefässe s. zweifelhafte Endigungen; an den *Lymphgefässen* sind bisher keine Gefässnerven beschrieben worden.

Endigungen der Drüsennerven.

Durch manche acinöse Drüsen treten Stämmchen doppeltcontourirter Nervenfasern hindurch, welche in der die Drüse deckenden Schleimhaut (Gl. lacrymalis) oder der äusseren Haut und in Muskeln ihr Ende erreichen (Gl. parotis). Von anderen Drüsennerven ist es gewiss, dass sie aus jenen Ganglien-führenden Plexus (S. 484) stammen, die der Drüse selbst angehören. Die aus den Plexus austretenden Nervenfasern sind theils doppeltcontourirt, theils blass; beiderlei Fasern verlaufen einzeln oder zu kleinsten Stämmchen zusammengemischt im Innern der secundären und primären Drüsenläppchen längs der Ausführungsgänge. Sie treten neben letzteren in dieselbe ein, nie-

mals aber von der Aussenseite der Läppchen her an die Acini heran. Wo dies scheinbar der Fall ist, handelt es sich um solche, welche die Drüsenmasse nur durchsetzen.

Die Endigung der doppeltcontourirten Fasern ist nur in der Backendrüse des Igels (S. 521) und im Pancreas der Katze (W. Krause, 1869) festgestellt. An ersterem Orte mit Endkapseln (W. Krause, 1864), an letzterem mit kleinen Vater'schen Körperchen (S. 230). Die blassen kernführenden Nervenfasern sind vielleicht für glatte Muskelfasern der Ausführungsgänge bestimmt, von deren Vorhandensein zur Zeit freilich nichts bekannt und deren eventuelle Existenz das Speicheln nach Nervenerregung zum Theil erklären würde (S. 484). Andererseits verlieren sich die letztgenannten Nervenfasern häufig anscheinend an der structurlosen Membran der Acini (W. Krause, 1864 und 1870).

Im Pancreas der Katze lässt sich mit Leichtigkeit darthun, dass jede der eintretenden doppeltcontourirten Nervenfasern in einem kleinen Vater'schen Körperchen endigt. Nicht nur gibt es darin keine anderen Endigungsformen, sondern es hören hier und da kleinste Stämmchen doppeltcontourirter Fasern jedes mit einer kleinen Gruppe (z. B. vier) Vater'scher Körperchen auf, so dass die Ausschliesslichkeit dieses Endigungsmodus dargethan ist (W. Krause, 1870). Die grösseren Vater'schen Körperchen an der Vorderfläche des Katzen-Pancreas gehören nicht der Drüse, sondern den Mesenterialnerven an. Die der Drüse selbst zukommenden sind ebenfalls sparsam und dürfen nicht mit an derselben vorhandenen (S. 230) kleinen Ganglien verwechselt werden.

Zweifelhafte Nerven-Endigungen.

Innerhalb einer kurzgefassten Sammlung des Thatsächlichen können die hier in Betracht kommenden interessanten und mit Aufbietung unendlicher Mühe gelieferten Arbeiten leider nur angedeutet werden. Zumal da die sorgfältigsten, mit den genau befolgten Methoden der Autoren und zum Theil mit besseren Hülfsmitteln angestellten Nachuntersuchungen auf diesem schwierigen Gebiete nichts zu bestätigen vermochten. Obgleich zu einer eingehenden Kritik der Raum fehlt, ist es doch in einigen Fällen leicht zu errathen, auf welchem Wege der betreffende Autor wahrscheinlich zu seiner Meinung kam. Irgend eine neue Form der Nerven-Endigung war einige Zeit vorher entdeckt oder wenigstens behauptet worden. Anstatt selbstständigen Ideen zu folgen, jedenfalls aber voraussetzungslos zu untersuchen, begnügten sich die Nachfolger daran zu glauben und sahen demzufolge Analoges an sonstigen Körperstellen oder verschiedenen Thieren. Auf den betreffenden Gedankengang wurde dann mittelst eines Nachsatzes hier hingedeutet. Einige probirten auch wohl verschiedene complicirte Untersuchungsmethoden so lange durch, bis sie Bilder erhielten, welche sich (ohne irgendwelche Discussion der zahlreichen Fehlerquellen) der vorgefassten Meinung entsprechend deuten liessen — eine Art von Methodik, die in den Naturwissenschaften sonst nicht üblich ist.

Andere Male lässt sich schwer urtheilen, weil man einerseits nicht weiss, wie bedeutende Fehler resp. Verwechslungen von Nerven mit sonstigen Dingen man voraussetzen darf und weil andererseits die Autoren nicht gewagt haben, ihre gefundenen Resultate zu verallgemeinern. Nervenfasern endigen angeblich in Zellen, z. B. in Knochenzellen, und nun vermisst man die Angabe, ob alle Knochenzellen in Wahrheit Ganglienzellen sein oder nur einzeln so ausgezeichnet werden sollen. Es muss nochmals hervorgehoben werden, an wie wenigen Orten die wahre Endigung *sämmtlicher* Nervenfasern mit Sicherheit bekannt ist. Diese sind: die quergestreiften Muskelfasern (motorische Endplatten), Haut der Vola und Planta (Tastkörperchen und Vater'sche Körperchen), die Conjunctiva bulbi des Menschen und Kalbes (Endkolben), Unterzungenschleimhaut der Ratte (Endkolben); endlich Penis resp. Clitoris (S. 522) und Synovialmembran des Kniegelenks (S. 524). An dieser Sachlage wird dadurch nichts geändert, dass selbst in Betreff der erwähnten bevorzugten Orte noch in der neueren Zeit negative Angaben sich finden (z. B. von Gerlach, der die motorischen Endplatten läugnet: 1874). Auch waren in den meisten Fällen die Verfasser der publicirten Erstlingsarbeiten sich darüber nicht ganz klar, wie ausgreifend die Tragweite ihrer Behauptungen, wie sogar die Fundamente aller allgemein-anatomischen Anschauungen bei jeder scheinbar noch so unbedeutenden Leistung auf dem interessanten Gebiete der Nervenendigungen neu begründet werden können.

Ungeachtet dieser wenig günstigen Sachlage erscheint es nicht unmöglich, dass die Kenntniss vom Bau des Körpers in einigen Punkten sehr erhebliche Bereicherungen aus jenen Arbeiten ziehen wird. Man stösst nämlich an manchen Körperstellen auf Structur-Verhältnisse, welche durch die gelegentlich der Nerven-Untersuchungen angewendeten Methoden aufgedeckt werden. Von den so erhaltenen Bildern lässt sich einerseits darthun, dass die Sache so nicht sein kann, wie der betreffende Autor sie darstellte: dass es sich nämlich keinenfalls um Nerven oder Nervenendigungen handelt. Und von denen anderseits sich

herausstellt, dass sie unter den sonst bekannten Gewebselementen der betr. Körpertheile keine Stelle finden: dass die fraglichen Bilder aus den gegebenen Annahmen über deren Bau *nicht* erklärt werden können. Ob auf diesem Wege noch verschiedene Goldkörner einst gefunden werden, muss die Zukunft lehren.

Motorische Nerven.

Die quergestreifte Muskelfaser wird von einem mit den Kernen ihrer contractilen Substanz bei niederen Wirbelthieren (Frosch etc.) zusammenhängenden Netz markloser feinster Fibrillen durchzogen (Margó, 1862; Gerlach, 1873; Arndt, 1873). — Die Interstitien der Muskelkästchenreihen sind nach Behandlung mit 10%iger Chlorwasserstoffsäure (Margó) für Nervenfibrillen gehalten.

Nach Gerlach (1874) ist es vortheilhaft, tetanisirte Mm. gastrocnemii abgetrennter Extremitäten erst einige Stunden nach dem Tode mit Goldchloridkalium (1:10,000 und mit 1 Theil Chlorwasserstoffsäure 10—12 Stunden lang) zu behandeln und etwa zu dunkel gefärbte Muskelfasern durch Cyankalium (1:200) aufzuhellen. Befolgt man die angedeutete Methode genau, so erhält man sehr deutliche, durch die ganze Muskelfaser zummenhängende Streifen und Reihen dunkler Körnchen. Es handelt sich um die Interstitien zwischen den Seitenmembranen der Muskelkästchenreihen: in denselben häufen sich unter den herbeigeführten Umständen Zersetzungsproducte an; und die scheinbaren Nervenfasern sind weder nervöse Fasern, noch überhaupt Fasern, sondern Längsansichten derselben Spalten, die auf dem frischen Querschnitt als Grenzen der Kölliker'schen Felder (S. 86) erscheinen. Diejenigen länglichen Körnchen, welche nach Vergoldung solchen Muskelfasern ein eigenthümlich gesprenkeltes Aussehen geben (am schönsten beim Proteus), sind nichts weiter als interstitielle Körnchen (S. 86) und nach ihren sonstigen Reactionen für Fett zu halten. Ihre längliche Form verdanken sie der Pressung, welche der Sarcolem-Inhalt durch die angewendete Chlorwasserstoffsäure erfährt. Jedoch lassen sich mit der Gerlach'schen Methode die motorischen Endplatten incl. ihrer Terminalfaser-Verzweigung (S. 497, Fig. 280) elegant darstellen; letztere Fasern sind varicös und stehen mit dem angeblichen vermeintlichen intravaginalen Nervennetz in keinem Zusammenhange (S. auch unten Endnetze blasser sensibler Fasern, S. 539).

Beim Frosch erhält die quergestreifte Muskelfaser an vielen Stellen doppeltcontourirte Nervenfasern (Kühne, 1862). — Verwechslung von Nerven mit Capillargefässen (S. 497).

In den motorischen Endplatten der höheren Wirbelthiere ist ein Terminalnetz markloser Nervenfasern vorhanden (Kühne, 1864; Cohnheim, 1866). Ein ähnliches findet sich in den motorischen Platten beim Frosch und Kaninchen (A. Budge, 1873), sowie in motorischen Endplatten und in der electrischen Endplatte von Torpedo (Boll, 1874). — Prévost und Dumas (1822), später Valentin (1835) u. A. hatten Endschlingen der Muskelnerven beschrieben. Ein Rest dieser Auffassung erhielt sich in obigen Aufstellungen, die vorwiegend auf Nichtberücksichtigung jener knopfförmigen freien Endigungen beruhen, welche die Terminalfasern in der Profilansicht (Fig. 272) zeigen. — (S. a. S. 539.)

Die Kerne der motorischen Endplatten, Nervenknospen, Besatzkörperchen, haben beim Frosch einen sehr complicirten Bau, der an ein Vater'sches Körperchen erinnert; namentlich verläuft eine axiale Terminalfaser darin (Kühne, 1862). — Verwechslung mit Falten der Bindegewebsmembran der Endplatte, optische Projection von Kernen auf die Terminalfasern u. s. w.

Netze blasser Terminalfasern, die mit den motorischen Endplatten zusammenhängen (Beale, 1864; Arndt, 1873), umspinnen die Muskelfasern äusserlich (Remak, 1843; Beale, 1860; Arndt, 1873). — Verwechslung von Nerven mit elastischen Fasern etc.

Bei Säugethieren (z. B. Meerschweinchen) kommen sensible Nervenendigungen vor; beim Frosch und der Eidechse Kerne am Ende von pinselförmig angeordneten blassen Nervenfasern (Arndt, 1873). — Nach Angabe Arndt's ist es mit den dabei benutzten Methoden nicht möglich, Bindegewebs- und Nervenfasern sicher zu unterscheiden. Die sensiblen dürften in Wahrheit motorische Endplatten, die bei Amphibien gefundenen sensiblen Endapparate abgerissene Enden von Nervenstämmchen gewesen sein. Langerhans mit Calberla (1874) hielt dagegen die durch Arndt vom Frosch beschriebenen Gebilde für Zellenhaufen mit Bindegewebe und Gefässen.

Für wenig differenzirte Wirbellose behaupteten Quatrefages (bei Eolidina paradoxon, resp. Arctiscon Milnei, 1843), Kleinenberg (1872, bei Hydra), Eimer (1873, bei Beroë) eine directe Verschmelzung der Nerven- und Muskelsubstanz: sog. Neuromuskelfasern resp. -Zellen. — Indessen folgt aus dem Umstande, dass man die Begrenzungen (Fig. 286, S. 499) von zwei so verschiedenen Dingen, wie Nerv und Muskel sind, an einem beliebigen schwierigen Object optisch nicht unterscheiden kann, noch keineswegs, dass jene auch physiologisch nicht differenzirt sind, wie wohl von selbst einleuchtet. Dazu kommt, dass die fraglichen Neuromuskelzellen bei Hydra, wie Kleinenberg selbst hervorhebt, gar nicht mit Nerven in Verbindung stehen.

Nerven der glatten Muskeln.

Nach einer Vermuthung von W. Krause (1863) sollten die glatten Muskelfasern jede eine kleine kernlose, der Mitte der Faser anliegende motorische Endplatte erhalten. — Klebs (1865) fand in einem Falle das Ende einer isolirten blassen Nervenfaser der Froschharnblase an einer Muskelfaser in der Nähe des Kernes der letzteren festhängen. — Im M. rectococcygeus des Kaninchens liegen zwei oder drei Kerne, die denen des Neurilems ganz ähnlich sind, öfters an der Stelle, wo die doppelte Contour einer isolirten Nervenfaser aufhört (W. Krause, 1870). Das Bild erinnert ebenfalls an eine kleine motorische Endplatte.

Nach Frankenhäuser (1866) treten die Nervenfasern in den Muskelkern ein und verbinden sich mit dessen Kernkörperchen. Nach J. Arnold (1863) existirte in der Iris ein nervöses Endnetz zwischen den Muskelfasern (s. a. S. 152). Nach Arnold's späteren Beobachtungen (1868) dagegen sind die Kernkörperchen benachbarter Muskelfasern durch ein terminales Netz 0,00015—0,0002 dicker Nervenfibrillen verbunden. Hertz (1869), Lipmann (1869) und Popoff (1872, S. 229) bestätigten die Endigung in den Muskelkernen. Nach Hénocque (1871) endigen die Nervenfasern theils frei zwischen den Muskelfasern, theils an deren Oberfläche oder im Innern in der Nähe des Kernes oder an letzterem selbst (s. a. S. 229). — Henle (1864) vermuthete in Betreff eines von Klebs (1863) beschriebenen nervösen Endnetzes eine Verwechslung mit elastischen Fasern und Engelmann (1869) erklärte Arnold's Nervenfasern für optische Querschnitte der Muskelfaser-Interstitien. Auch Arnstein mit Goniaew (1875) vermochten in der Muscularis des Froschmagens zwar mit Goldchlorid ein Netz darzustellen, blieben aber über dessen Zusammenhang mit Nervenfasern zweifelhaft und ihre mit Chromsäure-Essigsäure behandelten Präparate gestatteten zwar einzelne Fibrillen bis an Muskelkerne heran zu verfolgen, ohne dass jedoch ein intramusculäres Nervennetz zum Vorschein gekommen wäre. — Jedenfalls hatte J. Arnold's Darstellung die Vorstellung von Endschlingen zu Grunde gelegen.

Dagegen fand Schwalbe mit L. Gerlach (1872) in der Muscularis des Säugethierdarms spindelförmige terminale Körperchen an den Enden blasser Nervenfasern. — Wahrscheinlich Bindegewebszellen. — Der Letztere (1873) sah auch dreieckige Zellen an denjenigen in den glatten Muskeln der Gallenblase. — Vermuthlich gehörten sie dem Neurilem an.

Schon früher hatten Kisselew (1868) und Lavdovsky (1872) birnförmige Endapparate an Nervenfasern der Froschharnblase gefunden. — Verkannte Ganglienzellen (S. 249) der Blase.

Nerven-Endigungen in Neuro-Epithelien.

1. *N. olfactorius.* Die Fibrillen dieses Nerven bilden einen subepithelialen Plexus in der Regio olfactoria der Nasenschleimhaut. Es wird die Hypothese angenommen, dass sie in die Stäbchenzellen oder in diese und die Cylinderzellen übergehen.

2. *N. opticus.* Die Nervenfasern endigen in den Ganglienzellen der Retina. Es wird vermuthet, dass einzelne Fasern oder die Ausläufer der letztgenannten Zellen mit den (inneren) Körnern und diese wieder mit den Stäbchen- und Zapfenzellen vermittelst der Stäbchen- und Zapfenkegel zusammenhängen.

3. *N. acusticus.* Die Fibrillen sind in der Schnecke bis zwischen die inneren Deckzellen oder Körner verfolgt. Man glaubt, dass sie mit den inneren und äusseren Haarzellen des akustischen Neuro-Epithels zusammenhängen. — Für den Vorhof wird angenommen, dass sie in dessen Haarzellen, nicht aber in die Cylinderzellen übergehen. Gestützt auf Experimente an Vögeln und Kaninchen — Thieren, bei welchen die Verletzung eines Kleinhirnlappens (Lobus posterior, W. Krause, 1868) bei Durchschneidung der Bogengänge kaum zu vermeiden ist, werden die Nerven-Endapparate des Vorhofs öfters für ein Sinnesorgan zur Empfindung des Gleichgewichts des Körpers angesehen, dessen Zerstörung Schwindel erzeugt.

4. *N. glossopharyngeus.* Die Fibrillen gehen zwischen den Körnern unterhalb der Geschmacksknospen hindurch und gelangen zwischen deren Epithelialzellen. Es wird für wahrscheinlich gehalten, dass sie in die Stäbchen- resp. Gabelzellen auch wohl in die Spindel-, nicht aber in die Deckzellen übergehen.

Die erwähnten Annahmen stützen sich auf das übereinstimmend varicöse Aussehen, welches die Ausläufer jener für Nerven-Endigungen gehaltenen Zellen und die entsprechenden Nervenfibrillen in hinlänglich verdünnten Chromsäure- oder Osmiumsäure-Lösungen annehmen. Es ist aber bei den jetzigen Untersuchungsmethoden, namentlich bei Anwendung des Goldchlorids nur eine kurze Beschäftigung mit Nervenendigungen ausreichend, um einzusehen, *dass dies angebliche Kennzeichen vollkommen werthlos ist.* Man braucht nicht mehr zu fordern, als Nachweisung der anatomischen Continuität mit Nervenfasern an durchsichtigen Präparaten, um über diesen Punkt zu vollkommen befriedigenden An-

schauungen zu gelangen. Trotzdem ist der von M. Schultze (1862) zuerst für die Riechschleimhaut vermuthete — aber niemals behauptete — Zusammenhang von Epithelialzellen mit Nervenfibrillen lange Zeit von sehr Vielen als bewiesen angenommen. Indessen erscheint es unnöthig, hier die Beobachtungen zu registriren, in welchen einmal oder einige wenige Male der fragliche Zusammenhang als direct gesehen angegeben worden ist. Seitdem nämlich Cohnheim (1867) sensible Nervenfibrillen frei zwischen den Hornhaut-Epithelien aufhören liess, stellt es sich der Analogie nach als wahrscheinlicher heraus, dass sie auch in den höheren Sinnesorganen nicht mit deren Zellen selbst zusammenhängen. Denn die Epithelien der Hornhaut und des Labyrinths einerseits, sowie andererseits diejenigen der Geruchs- und Geschmacksschleimhaut sind einander homolog: alle diese Bildungen entstehen durch Einstülpungen des Ectoderms, oberen Keimblatts oder Hornblatts, welches beim Embryo nicht nur die Epidermis der äusseren Haut, sondern auch die Epithelien des Labyrinthbläschens, des Geruchsgrübchens, sowie den Ueberzug der Zunge liefert. Die epitheliale Retinaschicht (S. 154) entspricht allerdings den Epithelien des Centralkanals im Rückenmark, aber auch die letzteren werden durch eine ursprünglich rinnenförmige Einstülpung des Hornblatts hervorgebracht, welche sich später um den Centralkanal schliesst, und ihrerseits entspricht die Höhle des letzteren der Grenze zwischen Retina und Retinalpigment (S. 152).

Die erste directe Verfolgung des centralen Fortsatzes einer Stäbchenzelle (sog. Riechzelle) bis zur Schleimhaut hat denn ohne Weiteres durch beliebig oft zu wiederholende Beobachtung dargethan, dass jener Fortsatz keineswegs in eine Nervenfibrille übergeht, sondern ganz anders, nämlich mit einem kleinen Protoplasmafuss, Kegel oder *Riechkegel* (Fig. 95 *st*, S. 177) endigt. Wie (S. 38) erwähnt, ist allen Neuro-Epithelien die Zusammensetzung aus meistens zwei (Retina, Regio olfactoria, Maculae acusticae etc.) gänzlich verschiedenen Arten von Zellen (Stäbchenzellen, Zapfenzellen, Cylinderzellen etc.) eigenthümlich. Diese Differenz berechtigt aber nicht im Mindesten jedesmal die eine Art für nervös zu halten und die andere für nicht nervös. Diese wesentlich auf die oben characterisirten Varicositäten der Stäbchenzellen in der Riechschleimhaut basirte Hypothese wird auf's Bestimmteste schon durch die Zapfen- und Stäbchenzellen der Retina widerlegt. Ueberhaupt erscheint es unthunlich, über dergleichen einzelne morphologische Thatsachen befriedigende Hypothesen aufzustellen, ohne wenigstens die vier höheren Sinnesorgane gleichmässig zu berücksichtigen.

Bemerkenswerth ist für den Opticus, Acusticus und Glossopharyngeus das Vorhandensein von unbestimmt charakterisirten sog. Körnern gerade an den Stellen, wo die Verfolgung der Nervenfibrillen nicht mehr mit Sicherheit möglich ist, und es wurde dieser Körner bereits mehrfach (S. 39, S. 163, S. 188, S. 189) gedacht. Man kann dazu die (inneren) Körner der Retina, die Geschmackskörner in den Papillae fungiformes, vallatae, und Fimbriae linguae (S. 190), die Kerne, welche längs der Nervenfasern im Bindegewebe der Maculae acusticae (Fig. 75, S. 124) liegen und die inneren Deckzellen des Nerven-Epithels der Schnecke (S. 132, S. 136) rechnen. Ausserdem stimmen die Körner im Bulbus olfactorius (S. 447), in der Fascia dentata des Cornu Ammonis (S. 445) und im Cerebellum (S. 433) anscheinend sowohl unter einander als mit den Retina-Körnern sehr nahe überein. Wahrscheinlicher ist es wohl, dass die jetzigen Untersuchungsmethoden nicht gestatten, feinere Differenzen unter diesen verschiedenen Objecten aufzudecken, die gleichwohl vorhanden sein dürften. Wenigstens sind die inneren Deckzellen im Gehörorgan offenbar Kerne von Epithelialzellen; die Körper in den Maculae und der Regio olfactoria (S. 179) Neurilemkerne; die Geschmackskörner können dieselbe Bedeutung haben. Und von der (inneren) Körnerschicht der Retina ist es jedenfalls für die Fische (S. 164) sichergestellt, dass sie aus Lagen wesentlich verschiedener Zellen sich zusammensetzt. Auch wurde bereits oben (S. 457) versucht, die in den Centralorganen vorkommenden Körner ihrer Bedeutung nach (Lymphkörperchen, S. 49) zu sondern, sowie namentlich in Betreff der Körner im Cerebellum hervorgehoben, dass einige derselben kleinen Ganglienzellen anzugehören scheinen, und von den Körnern der Retina vermuthet, sie möchten sich concomitirend mit Theilungen von Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen (S. 163) vervielfältigen. Die meisten der hierbei sich aufdrängenden Fragen können vorläufig nicht erledigt werden: jedenfalls sind alle solche Körner keine Nerven-Endigungs-Apparate. Festgestellt ist für die oben (sub 1, 3 u. 4) erwähnten höheren Sinnesorgane nur, dass Nerven in das Neuro-Epithel eintreten; wie sie endigen, wird hoffentlich bald aufgeklärt sein.

Sensible Nerven.

Terminalkörperchen.

Je ein solches (Endkolben resp. Endkapsel) wurde beobachtet von W. Krause: in der Cutis des Schwanzes beim Edelhirsch (1861); in der Submaxillardrüse der Katze (1864); am Ductus choledochus bei der Katze. — Kleine rundliche undeutliche Knäuel am schein-

bar freien Ende einer doppeltcontourirten Nervenfaser (W. Krause, 1860: je einmal in der Nickhaut und Rumpfhaut des Frosches) sind vielleicht terminale Körperchen gewesen.

Auch Helfreich (1869) sah in der Conjunctiva des Frosches nach Vergoldung ein Endkolben-ähnliches Körperchen.

W. Krause hatte (1860) die Vermuthung aufgestellt, dass an schwieriger zu erforschenden Körperstellen noch kleinere und blassere Terminalkörperchen als die bisher bekannten aufzufinden sein möchten. In der That beobachtete Luschka (1868) in der Kehlkopfschleimhaut Terminalfasern, die mit 0,0035 breiten birnförmigen kernähnlichen Körperchen endigen. — W. Krause mit Lindemann (1868) wies jedoch in der Epiglottisschleimhaut weit grössere (0,05) Endkolben nach. — Auch Boldyrew (1871) sah in der Kehlkopfschleimhaut mitunter eine Nervenfaser in eine kernhaltige granulirte Masse übergehen.

Ferner bildete Lindgren (1867) kleine kolbenförmige Körperchen ab, in welche blasse Nervenfasern der Uternsschleimhaut eintreten, und Inzani (1872) beschrieb derartige Knöpfe (boutons) oder Kapseln von birnförmiger auch wohl conischer Gestalt aus den Sinus frontalis und maxillaris, der Conjunctiva und Cornea am Rande der letzteren, aus der Leber und Niere. — Hierbei handelt es sich um Verwechslung von Nerven mit elastischen Fasern und Bindegewebszellen oder um Hornhautkörperchen. Mit Inzani's Bildern vom Cornealrande scheinen die von Lavdowsky (1870) beim Hunde gesehenen platten Nervenscheiben zusammenzugehören, die in Saftkanälen der Hornhaut liegen und als sog. Endzellen auch im Peritoneum des Hundes vorkommen sollen. Jullien (1872) fand Inzani's Angaben für das grosse Netz bestätigt; ebenso Zawarykin mit Swaboff (1873), zum Theil auch mit Jantschitz (1874) für das Pericardium sowie die Pleura visceralis und parietalis verschiedener Thiere. — Boll (1873) machte auf die Aehnlichkeit der Jullien'schen Figuren mit embryonalen Bindegewebszellen aufmerksam. W. Krause zeigte mit Finkam (1874), dass am grossen Netz theils elastische Fasern, theils auf embryonaler Stufe stehengebliebene Bindegewebszellen, theils sogar Fettzellen es gewesen sein mögen, die zur Täuschung Veranlassung gegeben hatten, und Hoyer (1875) hielt Swaboff's Endkörper für Wanderzellen. An der Cornea mag es sich auch theilweise um unrichtig gedeutete bandförmige Ausbreitungen (Fig. 299, S. 528) der Nervenfasern vor ihrem Eintritt in das Epithel gehandelt haben.

Durch längeres Kochen der Häute mit Chlorwasserstoffsäure-haltigem Alkohol stellte Tomsa (1865) aus der Schleimhaut der Glans penis, sowie aus der Volarhaut der Fingerspitzen spindel- oder sternförmige Körperchen dar, die den Enden feiner Nervenfibrillen anhängen. — Es sind Inoblasten der Hüllen von Genitalnervenkörperchen und Tastkörperchen, die noch mit dem Neurilem der Nervenfasern in Zusammenhang bleiben, nachdem die genannten wirklichen Terminalkörperchen durch die Behandlung zerstört worden waren.

Auch Ciaccio (1867) beschrieb die Leydig'schen Körperchen der Daumenwarze des Froschmännchens als aus bipolaren oder multipolaren Ganglienzellen zusammengesetzt. Daran schliessen sich Leydig's Angaben in Betreff der Terminalkörperchen in der Lippe von Coluber; ferner sahen Key und Retzius (S. 507) im Innenkolben der Vater'schen Körperchen und Langerhans (S. 512) in demjenigen der Tastkörperchen ähnliche Bildungen. — Grandry (1869) dagegen bestätigte die oben (S. 506 u. 512) beschriebenen Verhältnisse.

Merkel (1875) fand sog. Tastzellen und Zwillingstastzellen am Vogelschnabel (S. 509); die Bilder (Arch. f. micr. Anat. XI, Taf. XLII, Fig. 10) entsprechen zum Theil Tastkolben (S. 508). Auch bei Säugethieren (Lippe des Schafes und beim Schwein etc.) sollen blasse Terminalfasern in Tastzellen übergehen, welche theils zwischen der Basis von je zwei benachbarten Papillen, theils im Rete mucosum liegen. — Einige dürften Querschnitts-Ansichten (Fig. 293, S. 517) gekrümmter Endkolben etc. gewesen sein, die sehr häufig vorkommen; letztere Annahme auf optischer Projection an etwas dickeren Schnitten beruhen.

Endnetze blasser Nervenfasern.

Seit Prévost und Dumas (1822) in den quergestreiften Muskeln, Valentin (1836) u. A. in allen möglichen Organen Endschlingen doppeltcontourirter Nervenfasern beschrieben hatten, wurden solche Schlingen lange Zeit hindurch allgemein angenommen. Schon C. Krause (1841) und J. Müller (1844) bezweifelten jedoch, ob die zu beobachtenden Umbiegungen wirklich als terminale angesehen werden dürften.

Es ist das Verdienst von R. Wagner (seit 1847) immer wieder, trotz der Unvollkommenheit der damaligen Hülfsmittel, diese Ansicht bekämpft zu haben. Sie konnte nur Verbreitung finden, weil Plexus (S. 488. S. 515 etc.) an den meisten Nervenendigungsstellen allerdings vorhanden sind. Aber man weiss, dass sie keine Terminalplexus sind. Gleichwohl erhalten sich einmal eingebürgerte Vorstellungen mit kaum begreiflicher Zähigkeit und die Endschlingen führen noch heute in verlarvter Weise ein gespenstisches Dasein fort.

Netzförmig angeordnete nervöse Substanz soll nach Boll (1873) in den electrischen, nach Kühne (1864), Cohnheim (1866), Trinchese (1866) in den motorischen Endplatten das Nervenende bilden (S. 535).

Endnetze blasser sensibler Nervenfasern beschrieben Kölliker (1850) aus der äusseren Haut der Maus; Axmann (1853) und Kölliker (1863) aus der des Frosches und dem Peritoneum der Maus; v. Hessling (1854) aus der Haut der Spitzmaus; Kölliker (1863) aus der äusseren Haut der Ratte und (1867) Fledermaus; Ciaccio (1864) in der des Frosches; Kölliker (1854) und His (1856) aus der Cornea (s. a. S. 531); Billroth (1858) aus der Schlund- und Magenschleimhaut des Frosches und Wassersalamanders; Kölliker (1867) in der Mucosa des ganzen Tractus intestinalis vom Frosch; J. Arnold (1862) und Mauchle (1867) aus der Conjunctiva bulbi des Menschen, Hundes, Schweines und Rindes; Schöbl in der Flughaut der Fledermaus (1870, s. unten Nerven-Endigungen an den Haaren, S. 542), sowie im äusseren Ohr des Igels; Ditlevsen (1872) in der Zungenschleimhaut von Säugethieren; Alexander (1875) aus der Dura mater cerebri et spinalis; Arnstein mit Goniaew (1875) aus dem Bindegewebe der Fascia transversalis beim Frosch, welches das Peritoneum von dem grossen retroperitonealen Lymphsack (Cysterna lymphatica magna) trennt (und glauben damit eine Angabe Cyon's theilweise zu bestätigen, der jedoch, wie Finkam, 1873, auch frei endigende Nervenfasern [S. 298] an dieser Stelle kennt); Schwartzoff (1874) vom Epicardium (S. 299) bei Säugethieren, woselbst die Netze dicht unter dem Endothel liegen; Skworzow (1874) ebendaselbst und auch unter dem Endocardium; Jantschitz (1874) bei Säugethieren und beim Frosch unmittelbar unter dem Endothel des Pericardium, auch die Basis der Endothelzellen, sowie die Fettzellen umspinnend; Beale (1863, sowie in anderen Jahren) an allen möglichen Orten. — Die Beale'schen Plexus und die Schöbl'schen Netze vierter und fünfter Ordnung im Fledermausflügel sind durch die Darstellungsmethode unkenntlich gewordene elastische Fasern; den übrigen Beobachtungen liegen wirkliche Nervennetze zu Grunde: nur sind sie nicht terminal und bestehen zum Theil sogar aus dunkelrandigen Nerfenfasern, die ihres Myelins beraubt worden waren.

Langwagen (1873, beim Hunde etc.) beschrieb Endnetze markloser Nervenfibrillen in der Kapsel der Milz, ihren Trabekeln, Gefässscheiden der rothen Milzpulpe, die unter einander zusammenhängen und ohne Zweifel durch energische Reduction des angewendeten Goldchlorids geschwärzte elastische Fasern resp. Inoblasten-Ausläufer gewesen sind.

Zellenhaltige Endnetze markloser Fibrillen sah A. Budge (1873) an Stelle der Endknöpfchen in den Vater'schen Körperchen der Katze (ebendieselben in den Endothelscheiden der sympathischen Ganglienzellen, sowie innerhalb der motorischen Endplatten, S. 535). Diese Netze leisteten dem angewendeten Chlor (unterchlorigsaurem Natron) und Alkali (Transparentseife) Widerstand und dürften sämmtlich nicht-nervöser Natur gewesen sein.

Schliesslich ist zu bemerken, dass nach Allem weder an den peripherischen Endausbreitungen, noch in der grauen Substanz der Centralorgane (S. 363) wirkliche Anastomosen isolirter Nervenfasern oder Nervenfibrillen unter einander jemals constatirt sind. In Wahrheit handelt es sich um nicht mehr als optische Ueberkreuzungen, was am besten an der Cornea (S. 531) sich constatiren lässt, und der sonst für die angeblich wirklichen Anastomosen verbreitete Ausdruck Nervennetz ist mithin als synonym mit Plexus oder Nervengeflecht verwendbar.

Freie Enden doppeltcontourirter Nervenfasern.

Solche sind von sehr vielen Forschern gesehen worden (Engel, 1847, in der Conjunctiva bulbi, und viele Andere) und beruhte solche Annahme auf den damaligen unvollkommenen Methoden, die weder Endkolben nachzuweisen, noch abgerissene Nervenfasern von wirklichen Endigungen mit Sicherheit zu unterscheiden verstatteten.

Freie Enden von Terminalfasern und Endknöpfchen.

Nach früheren Angaben (Waller, 1852; Meissner, 1853; Funke, 1858; W. Krause) gehen in Zungenpapillen und auch in Lippenpapillen (Meissner, 1853) blasse Terminalfasern aus doppeltcontourirten Nervenfasern hervor und endigen frei im Gewebe. — In Wahrheit dürften dieselben innerhalb der noch unbekannten Endkolben gelegen haben (W. Krause, 1860).

Ferner war in Betreff der Cornea-Nerven von W. Krause (1860) vermuthet worden, dass dieselben frei im Gewebe als blasse Endfasern mit kleinen Anschwellungen aufhören möchten und zuweilen solche Formen (S. 531) an Säure-Präparaten beobachtet. Später (W. Krause mit Petermöller, 1868) stellte sich heraus, dass dies wahrscheinlich Durchtrittsstellen der Nervenfasern in das Cornea-Epithel gewesen waren. Auch Saemisch (1862) hatte dergleichen Endigungen an den Hornhautnervenfasern beobachtet.

Abgesehen von den Haarbälgen (S. 541), an denen Odenius (1866), Dietl (1871) und Redtel (1873) Aehnliches gesehen zu haben angeben, beschrieb Szabad-földy (1867) derartige freie Endknöpfchen von den Geschmacksnerven der Papillae vallatae und

Boldyrew (1871) von der Kehlkopfschleimhaut des Menschen. — In beiden Fällen dürften durch die Untersuchungsmethode Kunstproducte erzeugt worden sein.

Helfreich (1869) sah auch an der inneren Fläche der Sclera beim Frosche freie Endigungen vergoldeter Nervenfibrillen. Hoyer (1873) betrachtete dieselben als für die Cornea (S. 531) bestimmt. — Von Mauchle (1867) wurden beim Menschen und Kalbe anscheinende freie Enden sehr feiner blasser Nervenfasern im Bindegewebe der Conjunctiva behauptet, die nebst Endkolben vorkommen sollen. — Endlich fand Stieda (1865) Endknöpfchen von 0,003 Dicke in Cutispapillen des Frosches und Jantschitz (1874) sah einzelne frei endigende blasse Nervenfasern im Pericardium von Wirbelthieren.

Endigungen in Epithelialzellen.

Seitdem die Nerven-Endigung in Sinnes-Epithelien (S. 536) von M. Schultze für die Riechschleimhaut weder gesehen noch als sicher behauptet, sondern mit dankenswerther Vorsicht als wahrscheinlich hingestellt worden war, glauben viele Forscher gleichwohl, dass darin ein allgemein gültiges Verhalten gefunden sei (Vergl. S. 534). Chrzonszczewsky mit Trütschel (1870) beschrieben Endkolben *im Epithel* der Magenschleimhaut beim Frosch; L. v. Thanhoffer (1873) Nervenfasern im Zusammenhang mit Cylinderepithelialzellen der Darmzotten (S. a. S. 212): — beide Angaben beziehen sich nach Arnstein mit Goniaew (1875) auf durch Goldchlorid geschwärzte Becherzellen. Sogar für die Epithelialzellen zweiter Lage an der Vorderfläche der Cornea (S. 24) hat v. Thanhoffer (1875) den Zusammenhang mit senkrecht aufsteigenden Nervenfibrillen (Nervuli recti) bei der Katze, Meerschweinchen, Stieglitz, Lerche, Frosch, behauptet und jene Zellen Tastkörperchen genannt.

Solche Epithelialzellen überhaupt würden natürlich den Werth von Ganglienzellen haben. In Ganglienzellen aber sah schon Harless (1846, electrischer Lappen von Torpedo) Nervenfasern im Kernkörperchen endigen. Frommann (1865) und J. Arnold (1867) bestätigten dies für Ganglienzellen des Rückenmarks, viele andere Forscher für sympathische Ganglienzellen (S. 477) und Kollmann ausserdem für den electrischen Lappen des Zitterrochens (1872); ebenso Stark (1872) für centrale Ganglienzellen. — Auch für die Epithelialzellen der Haut des Froschlarven-Schwanzes gab Hensen (1864) die Endigung varicöser Nervenfibrillen darin als Norm an. — Chromsäure-Lösungen vermögen ähnliche Bilder zu erzeugen.

Dagegen färbte Klein (1870) im Froschlarvenschwanz einen subbasalen und subepithelialen (s. unten) Plexus blasser Endfasern, welche Plexus bipolare resp. multipolare Ganglienzellen enthalten, durch Goldchlorid. — Letztere Zellen dürften Bindegewebszellen gewesen sein: wenigstens liess Eberth (1866) die Nervenfasern mit solchen zusammenhängen. Auch in Betreff des Nucleolus anderer Zellen, z. B. der Hornhautkörperchen (S. trophische Nerven-Endigungen, S. 544), ist ein solcher Zusammenhang behauptet worden. Ebenso für die Kernkörperchen der Endothelialzellen der Membrana Descemetii (Lipmann, 1869) u. s. w.

Endigung von Terminalfasern im Epithel zwischen dessen Zellen.

Nachdem Cohnheim (1866) die Nervenendigung im Epithel der Cornea (Fig. 300, S. 529) entdeckt hatte, mögen Manche ähnliches Verhalten für andere Häute vermuthet haben. Langerhans (1868) glaubte marklose Nervenfasern im Rete mucosum der Epidermis beim Menschen mit Goldchlorid gefärbt zu haben und beschrieb sich ebenfalls schwärzende sternförmige Zellen. — Letztere sind nach Friedlaender (1870), Paladino (1871) und Henle (1873) Wanderzellen. Dieselben durchkriechen das Rete und mit Goldchlorid erstarren sie gleichsam zufällig in Sternform; die anscheinenden Nervenfasern aber dürften Wege sein, welche die Wanderzellen sich gebahnt und die sich noch nicht wieder geschlossen haben. Beide Arten von Gebilden färben sich mit Goldchlorid. Abgesehen von der äusseren Wurzelscheide der Haarbälge (S. 542) sind solche Bilder vielfach beschrieben und als Nervenendigungen resp. die Wanderzellen als peripherische im Epithel gelegene Ganglienzellen gedeutet worden. Dabei sollen die Nervenfasern an Papillen-tragenden Schleimhäuten aus den Spitzen der ersteren in das Epithel eindringen. Meistens sollen sie daselbst Plexus bilden, die nach Analogie mit denjenigen der Neuro-Epithelien als *subepitheliale* bezeichnet werden. Sie liegen innerhalb des Epithels, und die innerhalb der Basalmembran der betreffenden Schleimhaut gelegenen Plexus, wo erstere vorhanden ist, werden als *subbasale Plexus* bezeichnet. Solche bestehen aus Endfasern, welche mithin kernhaltiges Neurilem führen; manche Schriftsteller nennen aber die subbasalen Plexus ebenfalls subepithelial. In letzteren besitzen die anscheinenden oder wirklichen Nervenfibrillen niemals eine neurilematische Scheide. Dem Gesagten entsprechende Deutungen der fraglichen Bilder als Nerven-Endigungen gaben: Podcopaëw (1869) für die äussere Haut des Kaninchens, Eberth (1870) für die des Menschen und Kaninchens; Paladino (1871) für die Lippe und Sertoli (1874) für die Fimbriae linguae an der Zunge des Pferdes. Beide sowie F. E. Schulze mit v. Mojsisovics (1875, Schweins-

rüssel) bestritten jedoch den Zusammenhang mit sternförmigen Zellen und beobachteten nur freie Endigungen der Fibrillen im Epithel oder kleine Knöpfchen an denselben. — In einer späteren Abhandlung von Langerhans (1871), der darin Studien über die wirklichen Terminalfasern und deren Endknöpfchen in den Tastkörperchen mittheilte, ist von jenen erstbeschriebenen Formen nicht mehr die Rede. Dagegen schilderten Elin (1871) vom harten Gaumen des Kaninchens; Chrschtschonowitsch (1871) für dessen Vaginalschleimhaut und vielleicht für die des Hundes; Ciaccio (1874) für die Conjunctiva bulbi; Eimer (1872) für die Kuhzitze; Wjeliky (1872) im Rete mucosum des äusseren Ohres von Raubthieren und Nagern den Uebergang von Nervenfasern in das Epithel, wo sie sich nach Vergoldung mit den erwähnten Wanderzellen in Verbindung stehend zeigten, oder scheinbar frei zwischen den Epithelialzellen endigten. Dasselbe Verhalten constatirte Ismajloff (1873, beim Pferde etc.) für das Flimmer-Epithel der Bronchialschleimhaut und schon früher Klein (1872) für das Flimmer-Epithel des Centralkanals im Filum terminale beim Kaninchen (S. 397). Kessel (1869) sah Nervenfasern in das äussere Epithel des menschlichen Trommelfells eintreten, und in den Plexus auch multipolare Zellen. Ersteres, sowie dichotomische Theilungen markloser mit Gold sich schwärzender Fibrillen, behaupteten Arnstein mit Goniaew (1875) für das Flimmer-Epithel der Oesophagus- wie für das Cylinder-Epithel der Magen-Schleimhaut beim Frosch. Helfreich (1870) verfolgte mit Goldchlorid gefärbte Nervenfibrillen beim Frosch, Huhn, Kaninchen u. s. w. bis dicht unter das Epithel der Conjunctiva bulbi; Stricker mit Morano (1872) glaubten, sie in letzteres eindringen zu sehen. Lavdovsky (1872) fand ähnliche Wanderzellen in der Epidermis des Froschlarvenschwanzes und daselbst ein subepitheliales Nervengeflecht, bestritt aber die nervöse Natur der ersteren. Dagegen sollen die Nervenfasern im Bindegewebe des Schwanzes selbst mit multipolaren Ganglienzellen (in Wahrheit Bindegewebszellen) in Verbindung treten. Klein (1873) konnte die letzteren in der Nickhaut des Frosches nicht bestätigen und sah statt dessen mit Goldchlorid einen subepithelialen Nervenplexus, sowie ein Terminalnetz von marklosen Fibrillen im Epithel (s. a. S. 531).

Gegenüber allen diesen Angaben ist hervorzuheben, dass nach Engelmann (1866) ein sehr wesentlicher Unterschied in physiologischer Beziehung zwischen der Hornhaut und der so nervenreichen Conjunctiva bulbi (um so mehr im Vergleich mit sonstigen Schleimhäuten) besteht. An ersterer wird die leiseste Berührung als Schmerz empfunden, an letzteren nicht. Die Differenz ist aus der Epithel-Anordnung nicht zu erklären, insofern die Cornea-Vorderfläche wie andere Häute geschichtetes Platten-Epithel besitzt. Sie muss mithin wohl auf Verschiedenheit der Nervenendigung selbst zurückgeführt werden. — Obige Nervenfibrillen im Epithel sind vielleicht Lymphwege (S. 531 u. S. 540).

Wie es scheint, können die erwähnten Wanderzellen auch Pigmentkörnchen, wo solche im Corium oder in der Propria der Schleimhaut abgelagert, vorkommen, aufnehmen und mit in das Rete mucosum transportiren; alsdann erscheinen erstere als sternförmige verzweigte Pigmentzellen der letztgenannten Schicht (S. 27).

Eine eigenthümliche Nervenendigung schilderte Eimer (1871) aus dem Rüssel des Maulwurfs. In den von Epidermis ausgefüllten Thälern zwischen dessen Papillen endigen doppeltcontourirte Nervenfasern nahe unterhalb des Epithels und setzen sich in marklose Fibrillen fort. Letztere treten in das Epithel, steigen senkrecht gegen die Oberfläche als gestreckte Fasern auf, welche auf dem Flächenschnitt kranzförmig eine centrale Faser umgeben, und, in regelmässigen Abständen von einander parallel verlaufend, bis nahe zur freien Oberfläche reichende Bündel darstellen. Diese Nervenfibrillen schwärzen sich durch Goldchlorid. — Da die doppeltcontourirten Nervenfasern (unter den angegebenen Thälern sowohl, wie unter den Papillen) in Wahrheit mit Endkolben aufhören (W. Krause, 1860), die Eimer nicht kannte, so wird es um so wahrscheinlicher, dass jene eigenthümlichen Figuren als unvollständige, gleichsam auf die Epidermis beschränkte Anlagen von Schweissdrüsen aufzufassen sind, indem letztere dem Rüssel des Maulwurfs im Uebrigen fehlen. Die centrale Axenfaser wäre dann als fettgefülltes Lumen der cylindrischen Drüse zu deuten.

Auf einzelne Stellen beschränkte, subendotheliale, aus blassen Fasern bestehende Nervenplexus beschrieb Nicoladoni (1873) aus dem Kniegelenk des Kaninchens nach Behandlung mit Goldchlorid. — Vermuthlich handelte es sich um verkannte Gelenknervenkörperchen (S. 525), da an der angegebenen Stelle in der Synovialmembran hinter dem Condylus medialis oss. femoris alle Nervenfasern mit letzteren endigen (W. Krause, 1874).

Nerven-Endigung an den Haaren.

Angebliche Endknöpfchen. Nach Odenius (1866, Katze, Mus rattus und musculus) endigen die Nervenfasern an den Spürhaaren der Säugethiere frei mit blassen Terminalfasern, von denen jede in ein kleines Endknöpfchen übergeht. Nach Dietl (1871) gelangen zahlreiche Nervenstämmchen vom Grunde her und seitlich in den Haarbalg, verästeln sich im cavernösen Gewebe, durchbohren die innere Lamelle und endigen theils in der äusseren

Wurzelscheide innerhalb deren äussersten Zellenlagen mit blassen Terminalfasern und Endknöpfchen (Dietl, 1872), theils verlieren sie sich (Dietl, 1871) in jenem eigenthümlichen schildförmigen Zellenkörper, der, wesentlich aus polygonalen Zellen bestehend, innerhalb des Sinus sich befindet (S. 112). Derselbe erscheint bei Fledermäusen (Ehlers mit Redtel, 1873) an den Haaren des Nasen-Aufsatzes; oberhalb desselben hat der Haarbalg seine engste Stelle oder Hals und hier endigen die meisten Nervenfasern mit 0,0018 breiten Endknöpfchen. — Jobert (1874) sah letztere mit Goldchlorid an Schwanzhaaren bei Mäusen, Ratten und Spitzmäusen: bei der Ratte sind daselbst ca. 7000 Haare vorhanden, deren jedes Nerven erhält; ebenso v. Mojsisovics (1875) an Spürhaaren der Maus und des Maulwurfs.

In allen diesen Angaben erscheint eine Aehnlichkeit mit den bekannten Terminalfasern der Vater'schen und sonstigen terminalen Körperchen vorausgesetzt.

Angebliche Terminalkörperchen. Schöbl (Fledermaus, 1870; Maus, 1871; Igel, 1872) war der längst bekannte (Kölliker, 1850, bei der Maus; v. Hessling, 1854, bei der Spitzmaus; W. Krause, 1860) Nervenreichthum der äusseren Haut kleiner Säugethiere aufgefallen. Doppeltcontourirte Nervenfasern (in Wahrheit sind es blasse Endfasern, S. 515) sollten in der Flughaut der Fledermaus, sowie im äusseren Ohr der Maus einen Nervenring um die Haarbalgmündung bilden, abwärts steigend ein quergestreiftes Terminalkörperchen resp. Nervenknäuel am Boden des Haarbalges erreichen. — Diese Schöbl'schen, von Boll (1871) bestätigten Nerven-Endkörperchen sind theils von Epithelzellen bedeckte Haarpapillen (W. Krause mit Beil, 1871), theils Anlagen junger Haare, Haarkeime (Stieda, 1872; Boll, 1872; Jobert, 1874; Wjeliky, 1872, bei der Fledermaus).

Während Schöbl (1872) seine doppeltcontourirten Nervenfasern und Terminalkörperchen zurücknahm, resp. die ersteren für blasse Fasern, die letzteren für Nervenknäuel erklärte, behauptete Derselbe zwar einen terminalen Nervenring auch für das äussere Ohr des Igels (1872), sowie für die gewöhnlichen und die Spürhaare an der Schnauze desselben Thieres (1873), erklärte aber noch in demselben Jahr seine abwärts steigenden Nervenfasern beim Igel für verdickte Stellen (in Wahrheit Falten) der Glashaut des Haarbalges. Jobert (1872) bestritt ebenfalls den Nervenring für die Fledermäuse. — Im Uebrigen ist es längst bekannt, dass jedes Haar Nervenfasern erhält und ein Tastorgan darstellt.

Angebliche Ganglienzellen in der äusseren Wurzelscheide beschrieb Sertoli (1872, Spürhaare des Pferdes) in Verbindung mit blassen Nervenfasern. Die Zellen selbst sahen schon Langerhans (1868) und Eberth (1870) in Haarbälgen des Menschen. — Wie schon gesagt (S. 540), sind Leukoblasten, Wanderzellen, die sternförmige mit Goldchlorid sich schwärzende Figuren bilden, darin wie im Rete mucosum (S. 104) vorhanden: sie hängen aber nicht mit den Enden der blassen Terminalfasern zusammen. Merkel (1875) sah darin Tastzellen.

Auch die Haarpapille wird nach Langerhans (1868) von vielen doppeltcontourirten Nerven umgeben, welche Angabe sich in Wahrheit auf in der Adventitia des Haarbalges verlaufende Stämmchen zu beziehen scheint. Nach v. Bisiadecki (1870) treten im Haarbalggrunde blasse Fasern zwischen die Zellen der äusseren Wurzelscheide und steigen parallel der Papille auf.

Angebliche Nervenendschlingen. Netze blasser Nervenfasern, deren Knotenpunkte in den Zellenkernen des Ringwulstes liegen, sah Burkart (1870) an Spürhaaren von Säugethieren (Katze, Kaninchen, Meerschweinchen, Hausmaus). Wjeliky (1872) fand ein blasses Terminalnetz innerhalb der äusseren Wurzelscheide bei der Fledermaus, sowie in derjenigen von Spürhaaren bei Raubthieren und Nagern. — Die Schöbl'schen Nervennetze vierter und fünfter Ordnung im Fledermausflügel sind, wie schon erwähnt (S. 539), elastische Fasern; ebenfalls sind solche in der Adventitia des Haarbalges bei vielen Säugethieren zu constatiren.

Es muss hervorgehoben werden, dass in der Rückenhaut der Maus zwischen den Haarbälgen (W. Krause, 1860), ebenso im Ohr desselben Thieres (von W. Krause 1871 gesehen), sowie des Kaninchens (W. Krause, mit Goldchlorid) Endkolben vorhanden sind, die sämmtliche hier genannte Schriftsteller übersehen haben. Ihr allgemeines Vorkommen (abgesehen von den Spürhaaren) vorausgesetzt, würde sich eine interessante Homologie mit den Herbst'schen Körperchen an den Vogelfederbälgen (S. 509) ergeben.

Endigungen im sympathischen Nervensystem.

Endigungen von Gefässnerven.

Die blassen Nervenfasern der Muskelarterien endigen nach Socolowsky (1864, 1866) in ovalen Zellen von 0,015 Länge auf 0,012 Breite mit einem Kern von 0,003. — Vielleicht Bindegewebszellen.

An den Arterien und Venen des Frosch-Mesenterium beobachtete His (1863) ein in der Adventitia und Muscularis gelegenes Terminalnetz blasser Fibrillen von 0,0003 Dicke.

Klein (1872) bestätigte solche Netze, ebenso Tyson (1870) für kleine Arterien im Nieren-Hilus des neugeborenen Schweines. — Nach Henle (1864) handelte es sich in dem Falle von His um elastische Fasernetze.

Dasselbe gilt auch wohl von analogen Netzen, die Nicoladoni (1873) in der Adventitia und einmal in der Muscularis kleiner Arterien am Kniegelenk des Kaninchens gesehen hat.

Ueber die von J. Arnold (1868) auch an den Kernen der Muscularis kleiner Arterien in der Harnblase dargestellten freien Endigungen blasser Nervenfasern s. S. 536. Auch Toldt mit Popoff (1872) beschrieben von der Gallenblase bei Fröschen und Nagern feine nicht varicöse Nervenfibrillen, die an den Kernen der Adventitia kleiner Arterien (sowie der Capillargefässe) endigen sollen und ohne Zweifel durch Goldchlorid geschwärzte elastische Fasern gewesen sind. Dagegen behaupten Arnstein mit Goniaew (1875) weitmaschigere Endnetze blasser Nervenfasern für die Adventitia, engmaschigere für die Muscularis kleiner Arterien im Oesophagus des Frosches (S. Capillargefässnerven).

Capillargefässe. An denjenigen des Frosch-Mesenterium endigen doppeltcontourirte Nervenfasern frei (Engel, 1847). Aehnliche Terminalnetze wie die von His (S. 542) beschrieben Beale (1864) beim Frosch und im Fledermausflügel (1872); ferner Ciaccio (1864, an Capillargefässen der Froschhaut, sowie, 1873, der Conjunctiva) und Lipmann (1869); ebenso Klein (1872) innerhalb der Capillargefässwandungen in der Nickhaut; Arnstein mit Goniaew (1875) an und zwischen Capillargefässen im Oesophagus und Magen des Frosches; endlich Kessel (1869) im Trommelfell des Menschen. Ueber analoge, die Blutcapillaren im Innern der Leberläppchen umspinnende angebliche (Nesterowsky, 1875) Nervenfasernetze s. unten (Endigungen von Drüsennerven, S. 544).

Langerhans (1868) und Tomsa (1869) sahen in den Papillen der Fingerspitzen einzelne oder zahlreiche blasse Endfasern mit Kernen an die Capillarschlingen sich anlegen. Tomsa (1873) erklärte jedoch das von ihm beschriebene Endnetz nachträglich für eine feinkörnige Masse. Ebenso fand F. Darwin (1874) in der Harnblase des Hundes feine Nervenfibrillen an den Capillargefässen. — Allen diesen Beobachtungen scheinen elastische Fasern zu Grunde zu liegen, deren Schwärzung durch Goldchlorid (W. Krause, 1868) jene Beobachter nicht kennen. — Stricker (1865) fand in der Nickhaut beim Frosch öfters blasse Endfasern um die Capillargefässe sich winden, die jedoch letztere wiederum verliessen. — Arnstein mit Goniaew (1875) hielten dafür, dass freie Endigungen (mit birnförmigen Anschwellungen) blasser Nervenfibrillen an Capillargefässen, wie sie Kessel (1869) auch vom Trommelfell beschrieben hatte, durch zufälliges Versagen der Goldchlorid-Einwirkung an der betreffenden Stelle vorgetäuscht werden könnte.

Endigungen von Drüsennerven.

An den Acini der Speicheldrüsen hatte W. Krause (1864) denselben anliegende Enden blasser Fasern beschrieben und daselbst *secretorische Endplatten* vermuthet. Reich (1864 nebst Heidenhain) liess beim Maulwurf die dunkelrandigen Nerven in blasse Terminalfasern sich fortsetzen, welche wahrscheinlich in die polygonalen Speichelzellen übergehen oder mit Bestimmtheit in die Cylinder-Epithelialzellen der Ausführungsgänge zu verfolgen waren. Pflüger, von dem Satze ausgehend, dass alle Nervenwirkung in Berührungsnähe stattfinde, wahrscheinlich auch im Anschluss einerseits an die von M. Schultze vermuthete Endigung der Riechnerven in Epithelialzellen und andererseits an den von Kühne u. A. in jener Zeit besonders in den Vordergrund gestellten vermeintlichen Durchtritt motorischer Nervenfasern durch das Sarcolem, jedoch nach Du-Bois-Reymond (1874) ohne Berücksichtigung etwaiger electrischer Fernwirkungen nervöser Endapparate — fand ebenfalls (1866) in der Submaxillardrüse, sowie der Parotis des Kaninchens und des Ochsen, dass die doppeltcontourirten Nervenfasern an den Acini selbst endigen. Dieselbe Behauptung hatte W. Krause (1863) für die Thränendrüse des Igels aufgestellt, später jedoch als irrthümlich zurückgenommen. Pflüger machte ferner analoge Angaben wie Reich über den Zusammenhang der Speichelzellen resp ihrer Kerne und der Cylinder-Epithelialzellen ihrer Ausführungsgänge mit markhaltigen Nervenfasern. Erstere Endigungsform wurde acceptirt von Herzenstein (1867) und Boll (1868) für die Thränendrüse, von Letzterem jedoch später (1872) nicht mehr wiederholt. Bestätigt wurden sie ferner von Hoffmann (1869) und Pflüger für das Pancreas. Auch Paladino (1872) sah einmal in der Submaxillardrüse eine blasse Nervenfaser die Membran eines Acinus durchbohren und mit dem Protoplasma einer Epithelialzelle in Verbindung treten. — Ueber (von Colasanti, 1873) behauptete Nerven der Meibom'schen Drüsen s. S. 138.

Ausserdem beschrieb Pflüger (1869) doppeltcontourirte Nervenfasern, die in Leberzellen endigen, ohne zu behaupten, dass alle Leberzellen Ganglienzellen wären. — Asp (1873) konnte alle diese Angaben nicht bestätigen, hielt die Pflüger'schen Nervenfasern der Speicheldrüsen für Blutgefässe; da es nicht gelang, irgend etwas von Nerven-

endigungen innerhalb der Alveolen und Ausführungsgänge wahrzunehmen. Aehnlich erging es S. Mayer (1869), der ebenfalls auf Verwechslung doppeltcontourirter Nervenfasern mit capillären Blutgefässen hindeutete, aber selbst marklose Fasern beschrieb, die möglicherweise Nervenfibrillen wären und mit den Kernen der Speichelzellen zusammenhängen sollen. Aehnliche Fädchen traten hier und da an die Cylinder-Epithelialzellen der Ausführungsgänge. W. Krause (1869) erklärte jene doppeltcontourirten an Acini oder angeblich innerhalb der letzteren endigenden Nervenfasern der Submaxillardrüse und diejenigen der Leber für Fettstreifen, die durch die Schnittführung ausgepresst und mittelst Osmiumsäure geschwärzt waren (S. 228). Die blassen varicösen, in Epithelzellen der Drüsen endigenden, Nervenfibrillen hielt Derselbe für Schleimfäden, welche die angewendete Chromsäure in varicöser Form gerinnen gemacht hatte. Und auch Nesterowsky (1875) bestritt nicht nur, dass die von ihm im Gegensatz zu der gewöhnlichen Annahme (S. 221) noch behauptete Membran der Leberzellen mit dem Neurilem von Nervenfasern zusammenhänge, sondern auch, dass solche jemals in einer Leberzelle endigten. Dagegen stellte Nesterowsky mit Hülfe von concentrirterem (bis 1 %igem) Goldchlorid und Schwefelammonium beim Hunde und der Katze ein dichtes, jede Blutcapillare im Innern der Leberläppchen (welche in Wahrheit keine Nerven enthalten, S. 228) umspinnendes angebliches Nervennetz dar, von welchem nach solcher Darstellungsmethode nicht einmal mehr auszumachen war, ob dasselbe aus doppeltcontourirten Nervenfasern, oder blassen Nervenfasern oder Nervenfibrillen bestand. — Mit der angegebenen Methode kann man sehr schöne, die Capillargefässe im Innern der Leberläppchen umspinnende, kernhaltige Fasernetze darstellen. Es sind die Inoblasten der Capillar-Adventitien (S. 223, S. 319), welche auf diese Art durch metallischen Niederschlag geschwärzt erhalten werden (W. Krause, beim Kaninchen) und die auf andere Art gleichzeitig (Ludwig mit Fleischl, 1875) dargestellt worden sind. Am besten kann man dieselben an gehärteten (1 %ige Chromsäure oder concentrirte Lösung von doppelt-chromsaurem Kali) und ausgepinselten Präparaten zugleich mit den Capillargefässen selbst studiren.

Kupffer (1872) sah blasse Nervenfasern in Epithelzellen der Acini von Speicheldrüsen von Blatta orientalis, nicht aber solche oder gar doppeltcontourirte bei Säugethieren endigen. An Kali-Präparaten gingen erstere in äusserst feine Endfibrillen über, die mit einem das Zellenprotoplasma durchsetzenden Gitter zusammen zu hängen schienen (Kupffer, 1875).

Letzerich (1868) beschrieb Ganglienzellen zwischen den Samenkanälchen (in Wahrheit Zwischenzellen des interstitiellen Gewebes, S. 264) und liess die Membran der Kanälchen von blassen Endfasern (Verwechslung mit anhängenden Inoblasten-Ausläufern in Chromsäure-Präparaten) durchbohrt werden. Sie sollen zwischen der Membran und der anstossenden Epithelialzellenlage in eine granulirte Protoplasmamasse (in Wahrheit Theile des sog. Keimnetzes) sich einsenken, die von einer Fortsetzung des Neurilems umgeben wird. Innerhalb der Protoplasmamasse hören die Fasern mit glänzenden Endknöpfchen auf. — La Valette de St. George (1870) konnte von allen diesen Angaben nichts bestätigen.

Ferner beobachteten Ciaccio (1864) an den Drüsen der Froschhaut, Arnstein mit Goniaew (1875) an den Drüsen der Oesophagusschleimhaut beim Frosch (bei welchem Thier auch die Magendrüsen Nervenfasern erhalten), Beale (1869) an Blutcapillaren, und auch an Harnkanälchen der Niere ein Endnetz blasser Terminalfasern, welches die Membran der letzteren umspinnen soll. — In Wahrheit dürfte es sich um Falten oder elastische Fasern gehandelt haben: bei den Drüsennerven der äusseren Froschhaut dagegen vielleicht um Plexus, die für deren glatte Musculatur bestimmt sind.

Endlich sah Klein (1872) in den einfachen Drüsen der Froschnickhaut zwischen den Epithelialzellen gelegene marklose mit Gold sich schwärzende Nervenfibrillen, während Engelmann (1872) solche zahlreich an der Muskelhaut dieser Drüsen beobachtete.

Trophische Nervenfasern.

Nach einigen Beobachtungen (namentlich nach Meissner) in Betreff der Ernährungsstörungen, welche das Auge des Kaninchens nach Durchschneidung des N. trigeminus erleidet, soll es wahrscheinlich sein, dass trophische Nervenfasern existiren. Hierunter werden solche verstanden, die der Ernährung der Gewebe direct vorstehen. Man hat sich zu erinnern, dass Meissner (1853) im Gewebe der Häute (S. 539) blasse freie Enden doppeltcontourirter Nervenfasern gefunden zu haben geglaubt hatte. Ferner hatte Brücke (1852) schon früher die Abhängigkeit von Pigmentzellen in der Amphibienhaut von Nerven-Einwirkungen gezeigt und Leydig (1873) nahm bei Reptilien ihren Zusammenhang mit Nervenfasern an. Beale (1872) leugnete indessen jeden Zusammenhang der Nervenfasern mit Pigmentzellen beim Frosch, und Klein (1872) vermochte ebenfalls nicht, denselben in der Nickhaut des letzteren nachzuweisen. Auch Hoyer und Th. Hering fanden auf experimentellem Wege (1869), dass beim Frosch der Einfluss des Nervensystems auf diese Zellen nur ein indirecter, durch die Blutgefässe vermittelter sei. — Kühne (1864) glaubte an Chromsäure-Präparaten den directen

Uebergang varicöser Nervenfibrillen in Hornhautkörperchen gesehen zu haben und supponirte eine neue Classe motorischer, auf das vermeintlich contractile Protoplasma der Hornhautkörperchen einwirkender Nervenfasern. Dagegen wurde von Engelmann (1867) diese Lehre bestritten (s. jedoch S. 521); von Rollett (1872) sind die Contractilitäts-Erscheinungen anders gedeutet und durch Hosch (1873) das Schrumpfen der Zellen nach electrischen Schlägen für eine Gerinnungs-Erscheinung erklärt worden. Ausserdem zeigte Cohnheim (1867) mittelst der Goldmethode unzweideutig, dass eine Verbindung zwischen Nervenfasern und Hornhautkörperchen niemals stattfindet. Trotzdem wurden die Kühne'schen Angaben von Nicolajew (1868), Lipmann (1869), Lavdowsky (1870) und L. v. Thanhoffer (1873) bestätigt. Lavdovsky sah (wie Lipmann, 1869) die Nervenfibrillen mit dem Nucleolus von Hornhautkörperchen zusammenhängen. Auch mit Bindegewebszellen des Froschlarvenschwanzes fanden Eberth (1866) und Maddox (1873) Nervenfasern in Verbindung (S. 540), und da sowohl die Hornhautkörperchen, als die Bindegewebszellen den Knochenzellen homolog erachtet werden, so lag es nahe, dass Joseph (1870) blasse, durch Goldchlorid sich schwärzende Nervenfasern in Schädelknochen von Tritonen und im Oberschenkelbein des Meerschweinchens je einmal mit Knochenzellen in Verbindung zu sehen glaubte, ohne eine Angabe darüber zu machen, ob alle Knochenzellen als Ganglienzellen zu betrachten seien oder nicht. Zu jener Aufstellung mag der Umstand beigetragen haben, dass Boll (1868) bereits früher wahrscheinlich-sensible varicöse Nervenfibrillen innerhalb der Dentinröhrchen beschrieben hatte, die in Wahrheit Ausläufer von Odontoblasten gewesen sein dürften (S. 185). — So scheint auf dem schwierigen Gebiete der Nervenendigungen mancher Irrthum einen zweiten homologen veranlasst zu haben.

Abgesehen von den aus technischen Gründen entnehmbaren anatomischen Einwendungen, wird die Existenz besonderer trophischer Nervenfasern von den meisten Physiologen nicht als durch den Versuch bewiesen erachtet, vielmehr alle trophische Nervenwirkung auf Gefässnerven resp. für die Muskelhaut kleinerer Arterien bestimmte blasse kernführende Fasern reducirt (S. 478). Dass Störungen der Circulation, wie sie z. B. vermöge Nervendurchschneidungen hervorgerufen werden können, Ernährungsstörungen in Geweben und deren Zellen nach sich ziehen, ist somit keineswegs auffallend. Danach dienen alle Nervenfasern entweder der Bewegung oder der Empfindung. Die letzteren hören, soweit ihre Endigung sicher erkannt ist, mit terminalen Körperchen oder freien Endknöpfchen auf; die ersteren mit electrischen oder motorischen Endplatten.

Register.

Ausdrücke, die hier etwa vermisst werden, sind im Register des II. Bandes aufzusuchen.



